



ИГЭС

Институт
гидротехнического
и энергетического
строительства

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Сборник докладов
Всероссийской научно-практической конференции
(г. Москва, 30 ноября 2022 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2023

ISBN 978-5-7264-3206-9

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2023

- А43 **Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции развития в современных условиях** [Электронный ресурс] : сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции (г. Москва, 30 ноября 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт гидроэнергетического строительства, кафедра комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (2 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл.с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3206-9

В сборнике содержатся доклады Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции развития в современных условиях», организованной кафедрой комплексной безопасности в строительстве, проходившей 30 ноября 2022 года в НИУ МГСУ.

Для аспирантов, научных работников, преподавателей строительных вузов.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных материалов несут ответственность за
достоверность приведенных в них сведений.*

Ответственная за выпуск *В.М. Черкина*

Институт гидротехнического и энергетического строительства
Кафедра комплексной безопасности в строительстве
(ИГЭС НИУ МГСУ)

Тел.: +7 (495) 287-49-14, доб. 3066

E-mail: ICA_kbs@mgsu.ru

Сайт: <https://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/KBS/>

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 14.02.2023. Объем данных 2 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел.: +7 (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95

E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Организатор конференции:

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Институт гидротехнического и энергетического строительства,
кафедра комплексной безопасности в строительстве

Научный комитет конференции:

Председатель научного комитета:

– Тер-Мартirosян А.З. – проректор НИУ МГСУ.

Члены научного комитета:

– Волгин В.В. – проректор;

– Штымoв З.М. – проректор;

– Фазылзянова Г.И. – проректор;

– Сидоров В.Н. – советник при ректорате;

– Кабанцев О.В. – директор научно-технических проектов;

– Дорошенко А.В. – начальник УНП, ответственный секретарь научного комитета конференции.

Рабочая группа конференции:

– Корольченко Д.А. – заведующий кафедрой КБС, руководитель рабочей группы;

– Черкина В.М. – доцент кафедры КБС, ученый секретарь конференции;

– Челекова Е.Ю. – доцент кафедры КБС;

– Еремина Т.Ю. – профессор кафедры КБС;

– Цариченко С.Г. – профессор кафедры КБС;

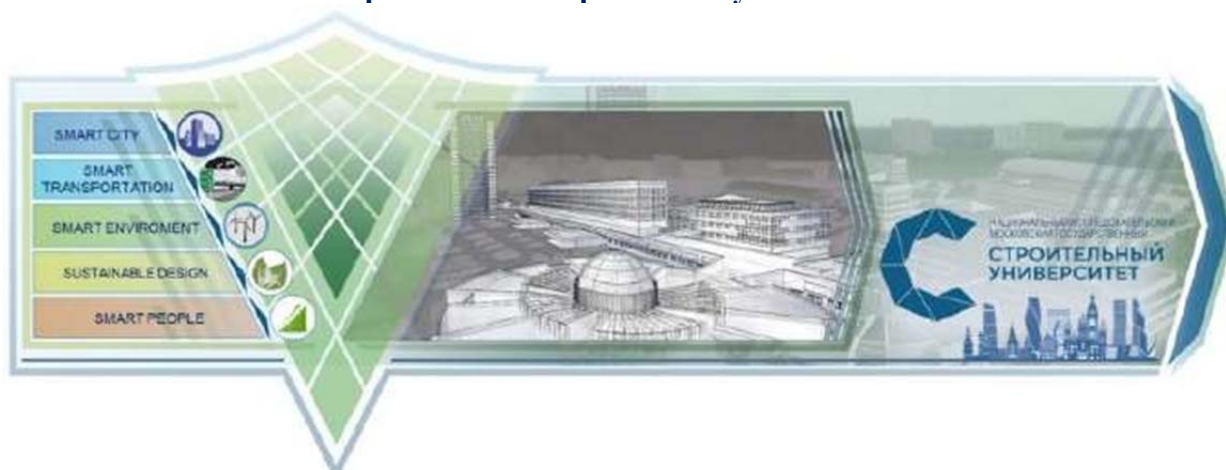
– Горев В.А. – профессор кафедры КБС;

– Лисиенкова Л.Н. – доцент кафедры КБС.

ОГЛАВЛЕНИЕ

О КОНФЕРЕНЦИИ	6
<i>Цариченко С.Г.</i> Использование робототехнических комплексов при выполнении демонтажных работ при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии	7
<i>Корольченко Д.А., Саенкова А.Б.</i> Разработка испытательного стенда для исследования тушения струйного горения газа газопорошковым огнетушащим веществом	9
<i>Парфененко А.П., Тимофеев А.Б.</i> Корректность моделирования пожарного риска на автозаправочных станциях	12
<i>Сугак Е.Б.</i> Профессиональные риски в строительстве: выявление и распознавание	15
<i>Еремина Т. Ю., Сушкова О.В.</i> Обеспечение противопожарной защиты объектов культурного наследия	18
<i>Виноградова Н.А., Леонова А.С.</i> Выбор номенклатуры определяющих показателей качества гидроизоляционных строительных материалов	21
<i>Лебедченко О.С., Пузач С.В.</i> Модельные задачи расчета коэффициентов участия водорода в горении и взрыве при обеспечении водородной безопасности АЭС	23
<i>Пузач С.В., Маламут О.Ю.</i> Расчет пожарного риска при воздействии лучистого теплового потока от фронта верхового устойчивого повального лесного пожара на жилой дом	28
<i>Покровская Е.Н., Пахомов А.В.</i> Сохранение конструкций памятников деревянного зодчества	31
<i>Данилов М.М., Денисов А.Н., Евтеев Д.С., Антипова А.А.</i> Интеграция метода поддержки управления комплексной безопасности в строительстве в боевые действия подразделений пожарной охраны	38
<i>Сивенков А.Б., Федотов И.О.</i> Эффективность различных видов огнезащиты для материалов и конструкций на основе древесины	42
<i>Сивенков А.Б., Румянцева А.А.</i> Особенности пожарной опасности зданий библиотек, архивов и книгохранилищ	45
<i>Минайлов Д.А.</i> Эффективность вспучивающихся огнезащитных покрытий при оценке огнестойкости стальных конструкций	48
<i>Козырев В.Н., Илеменов М.В., Минайлов Д.А., Ртищев С.М., Михиенкова А.А.</i> Вопросы применения пожарных кранов и катушек полужесткими напорными пожарными рукавами в современных зданиях и сооружениях	52
<i>Батманов С.В., Карчевский Я.С.</i> Обеспечение пожарной безопасности железнодорожной эстакады при аварийном разливе нефтепродуктов	55
<i>Батманов С.В., Горбунов Н.А.</i> О пожаровзрывобезопасности помещения зарядки аккумуляторных батарей в составе общественного здания	58

**Всероссийская научно – практическая конференция
«Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции
развития в современных условиях»**



В Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете 30 ноября 2022 года состоялась Всероссийская научно – практическая конференция «Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции развития в современных условиях», организатором которой выступила кафедра Комплексной безопасности в строительстве ИГЭС НИУ МГСУ.

Мы рады что смогли объединить на нашей научно-образовательной площадке представителей образовательных, научных и научно-исследовательских организаций.

Конференция проводилась в рамках Программы развития Московского государственного строительного университета как Национального исследовательского университета. Конференция собрала на своей научно-образовательной площадке ученых, научно-педагогических работников, студентов и аспирантов кафедры Комплексной безопасности в строительстве ИГЭС НИУ МГСУ, практикующих специалистов из ведущих организаций отрасли.

Мы уверены, что результаты Конференции, опубликованные в Сборнике, будут интересны для изучения молодым специалистам, ученым, студентам в области пожарной безопасности в строительстве и продолжим эту традицию и в следующем 2023 году.

С уважением,
к.т.н., зав. кафедрой
Комплексной безопасности в строительстве НИУ МГСУ
Дмитрий Александрович Корольченко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Цариченко С.Г.,

профессор кафедры КБС, д.т.н.

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»*

Аннотация: Необходимость выполнения различных технологических операций в условиях неблагоприятных для жизни и здоровья людей обуславливает необходимость разрабатывать различные способы защиты от повышенных физических нагрузок, а также воздействия радиации, химических токсичных веществ, взрывов и обрушений, что является актуальной задачей при выполнении монтажных работ при выводе из эксплуатации объектов атомной энергетики, решение которой может быть реализовано безлюдными технологиями с использованием роботизированных комплексов различного назначения.

Ключевые слова: объекты использования атомной энергии, робототехнические комплексы, демонтаж, безопасность

Введение. В настоящее время на территории Российской Федерации находятся в эксплуатации большое количество объектов использования атомной энергии (ОИАЭ). К объектам использования атомной энергии относятся ядерные установки, радиационные источники, пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, пункты хранения, хранилища радиоактивных отходов, тепловыделяющие сборки ядерного реактора, облученные тепловыделяющие сборки ядерного реактора, ядерные материалы, радиоактивные вещества, радиоактивные отходы [1]. Срок эксплуатации многих объектов завершается и они подлежат разборке и утилизации. Учитывая конструктивную сложность материалоемкость этих объектов, сложность демонтажа и утилизации которых усугубляется наличием радиоактивного загрязнения материалов, конструкций и оборудования, вывод из эксплуатации ОИАЭ представляет достаточно сложную и трудоемкую задачу. В соответствии с требованиями МАГАТЭ и отечественными требованиями [1,2] планирование вывода из эксплуатации начинается на этапе проектирования и продолжается в течение всего срока службы установки. Оно включает в себя: подготовку первоначального плана вывода из эксплуатации; сбор соответствующей информации и данных для содействия будущему выводу из эксплуатации; выбор стратегии вывода из эксплуатации; радиологическое обследование установки; подготовку окончательного плана вывода из эксплуатации; оценку затрат. В проекте АС должны быть предусмотрены меры по безопасному выводу блока АС из эксплуатации. Планирование вывода АС из эксплуатации при размещении, проектировании и сооружении должно осуществляться путем разработки и совершенствования концепции вывода АС из эксплуатации.

Для обеспечения безопасной работы людей в опасных и неблагоприятных условиях различных технологических процессов необходимо рассмотреть возможность исключения их присутствия путем использования безлюдных технологий, реализация которых может быть осуществлена робототехническими комплексами (РТК) различного назначения. Внедрение робототехнических комплексов для замещения людей обусловлена требованиями по обеспечению их безопасности, а также современными тенденциями в развитии экономики в целом, базирующейся на использовании цифровых технологий и искусственного интеллекта, что в перспективе может существенно повысить производительность и рентабельность выполняемых работ.

Решение задачи. В качестве основных видов работ, на которых целесообразно и необходимо применение РТК при проведении монтажных работ ОИАЭ можно рассмотреть следующие технологические операции.

1. Инспекция и обследование аварийных зон с целью визуального контроля, радиационно-химического контроля, определения местоположения объектов и состояния технологического оборудования в зоне проведения работ.

2. Манипуляционные технологические работы по монтажу и демонтажу оборудования, нанесению и удалению покрытий, бандажированию течей на трубопроводах и технологических аппаратах, перемещению радиоактивных материалов, установке опор и домкратов, сварке и резке металлоконструкций, сверлению, бурению, резке строительных конструкций, открыванию дверей и люков.

3. Погрузочно-разгрузочные и транспортные работы с целью доставки технических средств и материалов в зону работы, расчистка завалов и разборка конструкций, сбор и транспортировка демонтированных объектов в район их утилизации.

4. Работы по дезактивации местности, строений и оборудования, сбору и удалению рассыпанных высокотоксичных материалов, откачки проливов высокотоксичных веществ.

Уровень автономности управления существующих в настоящее время РТК, в большинстве случаев можно отнести к дистанционно-управляемым системам, что не исключает необходимости непосредственного контроля и управления их человеком. Для повышения автономности и, соответственно безопасности, выполнения различных технологических задач в условиях недетерминированной обстановки несомненно необходимо закладывать в систему управления РТК принципы и алгоритмы функционирования интеллектуальных систем автономного управления оборудованием наземных РТК, функционирующих в неопределенных и динамически изменяемых средах для обеспечения режимов супервизорного и автономного управления наземных РТК.

Оценка эффективности и целесообразности. Очевидно, что использование робототехнических комплексов даже в режиме дистанционного управления, а тем более с элементами автономности и искусственного интеллекта, представляет сложную и достаточно дорогостоящую технологическую операцию, целесообразность и необходимость которой не всегда очевидна. Для оценки эффективности и целесообразности принимаемых решений по применению РТК в условиях повышенного риска необходимо построить следующую иерархическую структуру задач по оценке эффективности РТК [4]:

1 уровень – задачи оценки работоспособности основных элементов РТК по выполнению различных технологических операций

2 уровень – задачи по оценке устойчивости РТК к внешним воздействиям

3 уровень – задачи по оценке эффективности применения РТК

4 уровень - задачи по оценке эффективности обеспечения проведения операций при комплексном использовании РТК

5 уровень – оптимизационные задачи по выбору рационального комплекта РТК для выполнения всего комплекса работ.

При этом в качестве количественно-качественных показателей эффективности РТК по сравнению с экипажными машинами используются критерии:

1. Вероятность безотказной работы

2. Вероятность выполнения технологической операции

3. Коэффициент технического совершенства при сравнении базовых показателей:

- степень влияния применения РТК на производительность;

- степень снижения риска при применении РТК;

- степень выполнения технологических требований при применении РТК;

- степень влияния применения РТК на полную стоимость работ.

В основе всех этих показателей наряду с технико-экономическими показателями стоят требования по обеспечению безопасности здоровью и жизни людей.

Вывод. В целях обеспечения безопасности проведения работ по демонтажу ОИАЭ и повышения эффективности и производительности проводимых операций необходимо предусмотреть максимальное использование безлюдных технологий с использованием роботизированных комплексов различного класса и назначения. При этом необходимо учитывать специфику проводимых работ, определяющую эффективность и целесообразность их применения.

Литература:

1. ГОСТ Р 50.02.01-2017. Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018, 22 с.

2. Нормы безопасности МАГАТЭ. Вывод из эксплуатации установок. Общие требования безопасности, часть 6. (№ GSR Part 6), IAEA, Вена, 2015, 52 с.

3. НП-001-15 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2016, 57 с.

4. Северов Н.В. Развитие, технология и эффективность применения робототехники в чрезвычайных ситуациях. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 235 с.

РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТУШЕНИЯ СТРУЙНОГО ГОРЕНИЯ ГАЗА ГАЗОПОРОШКОВЫМ ОГNETУШАЩИМ ВЕЩЕСТВОМ

*Корольченко Д.А.,
доцент, зав. кафедрой КБС, к.т.н.,
Саенкова А.Б.,
аспирант кафедры КБС*

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация: Автоматическая противопожарная защита объектов малотоннажного производства СПГ позволяет уменьшить материальный ущерб от пожара, предотвратить развитие вторичной аварии на объекте и гибель людей. В работе предложена методика огневых испытаний установок пожаротушения для защиты наружных установок, позволяющая определить границы защищаемой зоны и построить диаграмму распыла.

Ключевые слова: СПГ, каскадное развитие аварии, газопорошковое огнетушащее вещество, автоматическая установка пожаротушения, струйное горение, факельное горение

В настоящее время идет реализация плана мероприятия («дорожной карты») по развитию рынка малотоннажного СПГ и газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2025 г, утвержденного распоряжением правительства РФ от 13 февраля 2021 г. №350-р. Несмотря на то, что сейчас в России идет активное строительство заводов по производству СПГ, Россия занимает лишь 6 место по экспорту, значительно уступая лидерам мирового рынка – Австралии, США и Катару.[1]

Несмотря на то, что мировая практика производства СПГ насчитывает уже более 60 лет, (в 1917 году в США был получен первый СПГ, а в 1941 году налажено его производство), многие вопросы, связанные с тушением пожаров и ликвидации последствий аварии с участием СПГ, до конца не решены. Для тушения пожаров СПГ применяются порошковые огнетушители и стационарные установки порошкового пожаротушения.[2] Для снижения теплового потока при горении проливов СПГ используют стационарные установки пожаротушения пеной высокой кратности [3,4] или наполнители из пеностекла.[5] В РФ требования пожарной безопасности к объектам малотоннажного СПГ регламентируются сводами правил [6,7]

Примерами объектов малотоннажного СПГ могут служить мобильные комплексы реализации СПГ. Такой комплекс состоит, как правило, из модуля хранения и модуля выдачи СПГ, которые смонтированы на базе стандартных 20 или 40 футовых ISO-контейнеров. Для таких комплексов характерно компактное размещение оборудования, большое количество фланцевых, сварных соединений, арматуры и фасонных частей.

Аварии на объектах СПГ прежде всего связаны с утечками горючего вещества и последующим воспламенением струи и/или облака паров СПГ. При этом в зону теплового и газодинамического воздействия попадает соседнее с аварийным технологическое оборудование, и возрастает вероятность развития вторичной аварии. Своевременная и надежная работа автоматической противопожарной установки должна предотвратить каскадное развитие аварии.

В октябре 2021 года в рамках научно-практической конференции «Безопасность нефтегазовой и транспортной отрасли 2021» на полигоне Оренбургского филиала ФГУБ ВНИИПО МЧС России были проведены натурные огневые испытания по тушению струйного горения газа и была продемонстрирована эффективность технологии газопорошкового пожаротушения по тушению пожаров класса С на открытых технологических площадках.

При этом границы зоны, в которой происходит тушение, строго не обозначены и не определены. С целью уточнения данного вопроса и построения диаграммы распыла огнетушащего вещества при тушении наружных установок была разработана следующая методика проведения испытаний.

Согласно [8] производится расчет количества ГПОВ для защиты локального объема полностью открытой наружной установки. С учетом геометрии распыла, указанных в технической документации на модули газопорошкового пожаротушения, и полученного значения защищаемого объема определяются первоначальные геометрические размеры зоны – высота, длина и ширина.

При расчете установок газопорошкового пожаротушения для защиты наружных установок потоки ГПОВ должны быть направлены навстречу друг другу. Насадки распыления ГПОВ размещаются с 4-х сторон по углам защищаемой зоны навстречу друг другу. (рисунки 1 -2)

Защищаемое пространство симметрично относительно осей расположения насадков распыления. Так как в центре защищаемого объема сходятся встречные потоки ГПОВ, то можно предположить,

что в центре концентрация ГПОВ максимальна и уменьшается к краям. По длинной стороне защищаемой зоны расстояние, которое проходит струя ГПОВ больше, чем по короткой. Поэтому серию испытаний планируется проводить в 1/8 части защищаемого объема. При этом перемещать горелку от края защищаемой зоны к центру, по периметру от центра к насадке и снизу вверх, определяя границы защищаемой зоны, где происходит тушение факельного горения. (рисунок 2)

Тушение факела горения происходит за счет затягивания в зону горения с воздушным потоком огнетушащего порошка. В этом случае наиболее неблагоприятное направление горячей струи в сторону от защищаемой области.

На расстоянии от горелки, в зоне пламени устанавливается термопара для фиксации результатов тушения.

Порядок проведения опыта:

- Изначально горелка устанавливается в верхнюю крайнюю точку.
- Поджигается горелка. Время свободного горения 10 сек.
- Производится ручной пуск модуля
- Через 10 секунд прекращается подача газа – перекрывается вентиль подачи газа на баллоне.
- Результат тушения фиксируется на видео и по показанию термопары, установленной на горелке.
- Результат испытания считается успешным, если произошло тушение пламени. Тушение определяется визуально по записи видеокamеры и по показанию термопары.
- При удачном результате тушения горелка перемещается в соседнюю точку этого ряда.
- При неудачном результате горелка перемещается в точку, расположенную ниже в этом ряду.
- После исследования точек первого ряда горелка перемещается в соответствующую точку второго ряда напротив точки, в которой не произошло тушение струйного горения.
- По точкам строится граница защищаемой зоны.

Применение автоматического газопорошкового пожаротушения на объектах малотоннажного производства и потребления СПГ позволит значительно снизить вероятность каскадного развития аварии на объекте, снизить уровень пожарного риска и повысить уровень пожарной безопасности объекта.

Разработанная методика позволит определить границу защищаемой зоны и построить диаграмму распыла для защиты наружных установок.

Результаты данного исследования планируется подтвердить в ходе дальнейших полигонных испытаний по тушению струйного горения СПГ.

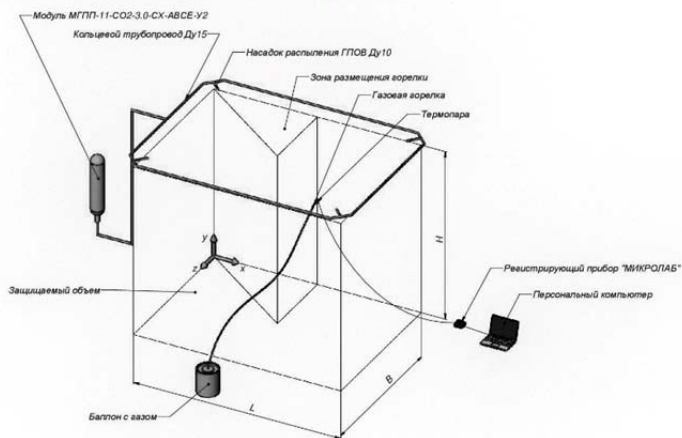


Рис.1 Общая схема испытательного стенда

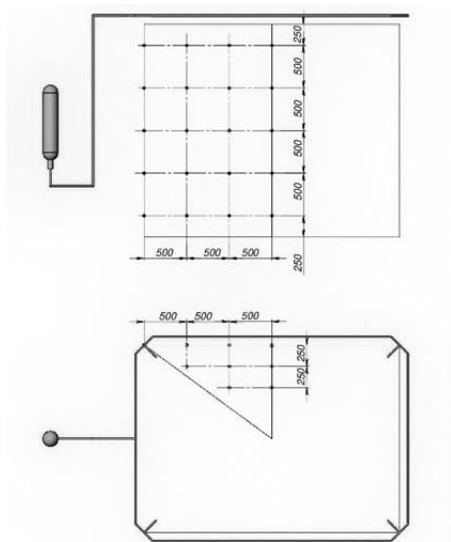


Рис. 2 Точки расположения газовой горелки.

Литература:

1. Statista [Electronic resource]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1262074/global-lng-export-capacity-by-country/> (accessed: 14.11.2022).
2. NFPA 59A:2019 Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG).
3. Jaffee A.Suardina, Yanjun Wanga, Mike Willson, M. Sam Mannan. Field experiments on high expansion (HEX) foam application for controlling LNG pool fire //Journal of hazardous materials. – 2009. – Т. 165. – №. 1-3. – С. 612-622. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.0409>.
4. Абдурагимов И. М., Куприн Г. Н. Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации //Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – №. 4. – С. 42-50.
5. Jaffee A.Suardin, Ruifeng Qi, Benjamin R.Cormier, Morshed Rana, Yingchun Zhang, M. Sam Mannan. Application of fire suppression materials on suppression of LNG pool fires //Journal of loss prevention in the process industries. – 2011. – Т. 24. – №. 1. – С. 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2010.06.010>
6. СП 240.1311500.2015 Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности.
7. СП 326.1311500.2017 Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности.
8. ВНПБ 74-22 (СТО 4854-039-13393076-2022) Автоматические установки газопорошкового пожаротушения. Нормы и правила проектирования.

КОРРЕКТНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРНОГО РИСКА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Парфененко А.П.,

доцент кафедры КБС, к.т.н.,

Тимофеев А.Б.,

аспирант кафедры КБС

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация: Показаны результаты расчетных величин пожарного риска для потребителей топлива, посетителей АЗС согласно положений установленной Методике и с учетом вероятности нахождения вышеуказанных субъектов, принятые с учетом производственной программы АЗС.

Ключевые слова: пожарный риск, противопожарные расстояния, безопасность людей, пожарная безопасность.

Введение. Система обеспечения пожарной безопасности, регламентированная статьей 3 [1], статьей 5 [2] при проектировании и эксплуатации АЗС является одной из важнейших задач в сфере жизнедеятельности человека. Современные технологии по производству модульного типа АЗС для потребителей СУГ предлагают бизнесу осуществлять реализацию топлива с минимальными затратами на строительные-монтажные работы АЗС модульного типа с СУГ.

Требования пожарной безопасности к размещению АГЗС, выполненной как самостоятельный участок многотопливной АЗС (МАЗС) по отношению к существующим зданиям, сооружениям и технологическим оборудованием на территории многотопливной АЗС, так и к объектам, не относящимся к МАЗС, регламентируются [3]. При этом минимальные противопожарные расстояния, устанавливаемые [3] ввиду ограниченности территории АЗС выполнить сложно, для безопасности людей на территории МАЗС, так и за ее пределами необходимо подтверждать расчетом величин пожарного риска согласно апробированной Методике [4].

Указанный нормативный документ [3] не входит в перечень, утвержденный [5], с учетом статьи 6 и части 6 статьи 15 [6] поэтому требования, изложенные в нем, не могут носить обязательный характер с учетом части 3 статьи 16.1 [7].

В соответствии с положениями части 1 статьи 6 [7] пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при условии: пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных статьей 93 [2].

Однако требования пожарной безопасности к устройству модульной АГЗС с одностенным модулем (резервуаром) СУГ, газозаправочной колонки и насосным агрегатом, на единой металлической раме заводского изготовления отсутствуют и поэтому в соответствии с частью 2 статьи 78 [2] (СТУ), отражающие специфику обеспечения их пожарной безопасности и содержащие комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Методы и организация исследования.

Для определения расчетных величин пожарного риска разработана Методика [4] устанавливающая порядок расчета величин пожарного риска.

Индивидуальный пожарный риск на территории и в зданиях МАЗС, в том числе за территорией объекта (селитебной зоне) значительно зависит от вероятности нахождения людей в определенной зоне (территории) и оценивается частотой поражения опасными факторами пожара (ОФП).

Однако в соответствии с пунктом 37 [4] индивидуальный пожарный риск в здании, сооружении и на территории МАЗС определяется только для работников (персонала) объекта защиты и в случае превышения допустимого значения пожарного риска, установленного частью 1 статьей 93 [2] допускается увеличение величины пожарного риска, согласно части 3 статьи 93 [2], но не для потребителей топлива, что в значительной степени повлияет на расчетные величины пожарного риска, в том числе и противоречием пункту 9.1 [3] (также отсутствует конкретизация для какого контингента распространяется часть 1 статьи 93 [2], так как доля времени присутствия людей на территории МАЗС не регламентирована, при том как в селитебной зоне доля времени присутствия людей допускается принимать согласно организационно-распорядительным документам для зданий и сооружений при некруглосуточном режиме работы, при круглосуточном режиме доля времени присутствия людей равна 1.

Необходим единый подход к определению доли времени присутствия людей на территории

МАЗС, далее показан расчет величин пожарного риска с учетом принятых проектных решений согласно разделу проектной документации «Технологические решения».

Результаты и их обсуждение. Определение вероятности присутствия потребителей топлива и посетителей на территории МАЗС с учетом организационно-технических мероприятий и производственной программы.

Вероятность нахождения людей на участке СУГ с учетом производственной программы:

$$q_{\text{СУГ.люди}} = (365 \text{ дн.} \times 45 \times (5/60) \text{ ч.}) / (365 \text{ дн.} \times 24 \text{ ч.}) - (P_{\text{АЦТ.СУГ}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.АИ-95}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.АИ-92}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.ДТ}}) = 0,03538$$

Вероятность нахождения людей на участке ЖМТ с учетом производственной программы:

$$q_{\text{ЖМТ.люди}} = (P_{\text{АИ-95.АВТО}} + P_{\text{АИ-92.АВТО}} + P_{\text{ДТ.АВТО}} + P_{\text{АВТО.СУГ}}) - (P_{\text{АЦТ.СУГ}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.АИ-95}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.АИ-92}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.ДТ}}) = 0,41243$$

Вероятность присутствия людей в одноэтажном здании сервисного обслуживания водителей и пассажиров:

$$q_{\text{люди.зд.}} = (365 \text{ дн.} \times 24 \text{ ч.}) / (365 \text{ дн.} \times 24 \text{ ч.}) - (P_{\text{АЦТ.СУГ}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.АИ-95}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.АИ-92}} + P_{\text{АЦТ.ЖМТ.ДТ}}) = 0,87913$$

Определение расчетных величин потенциального пожарного риска с учетом организационно-технических мероприятий и производственной программы.

Потенциальный пожарный риск:

- для потребителей СУГ – $8,387 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$;
- для потребителей ЖМТ – $8,254 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$;
- для людей, находящихся в одноэтажном здании сервисного обслуживания водителей и пассажиров – $2,428 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Определение расчетных величин индивидуального пожарного с учетом организационно-технических мероприятий и производственной программы

Индивидуальный пожарный риск для потребителей топлива СУГ, на основании расчетов потенциального пожарного риска:

$$R_{\text{СУГ.ПОТРЕБИТЕЛИ}} = q_{\text{СУГ.люди}} \times P_{\text{ПОТРЕБИТЕЛИ.СУГ}} = 0,03538 \times 8,387 \times 10^{-8} = 2,967 \times 10^{-9} \text{ год}^{-1}$$

Индивидуальный пожарный риск для потребителей топлива ЖМТ, на основании расчетов потенциального пожарного риска:

$$R_{\text{ЖМТ.ПОТРЕБИТЕЛИ}} = q_{\text{ЖМТ.люди}} \times P_{\text{ПОТРЕБИТЕЛИ.ЖМТ}} = 0,41243 \times 8,254 \times 10^{-8} = 3,404 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

Индивидуальный пожарный риск для посетителей АЗС, находящихся в одноэтажном здании сервисного обслуживания водителей и пассажиров, на основании расчетов потенциального пожарного риска:

$$R_{\text{люди.зд.}} = q_{\text{люди.зд.}} \times P_{\text{люди.АЗС}} + R_{\text{зд.люди}} = 0,87913 \times 2,428 \times 10^{-7} + 7,308 \times 10^{-7} = 9,442 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$$

Заключение.

Расчет показал, что для людей, находящихся на территории МАЗС индивидуальный пожарный риск не превышает допустимые значения, установленные частью 1 статьи 93 [2] с учетом организационно-технических мероприятий и производственной программы при вероятностном подходе.

Выводы.

Показано влияние на величины пожарного риска доли времени присутствия людей на участке СУГ и ЖМТ с учетом производственной программы МАЗС, что также необходимо конкретизировать в Методике [4], так как экспертная оценка по принятию исходных данных для проведения расчетов может существенно повлиять на результаты, обеспечивающие безопасность людей, находящихся на территории МАЗС. Полученные результаты при использовании вероятностного подхода к определению величины пожарного риска могут быть использованы в нормировании противопожарных расстояний при проектировании МАЗС.

Литература:

1. Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный Закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Свод правил 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности».
4. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

5. Постановление Правительства РФ от 28 мая 2021 г. N 815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

6. Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

7. Федеральный закон Российской Федерации от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ВЫЯВЛЕНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ

Сугак Е.Б.,

доцент кафедры КБС, к.т.н.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация: Внедрение методик по управлению профессиональными рисками требует тщательного выявления и учета всех производственных опасностей и вредностей, которые могут находиться в явном либо скрытом состоянии. Опасности неявного вида распознаются с помощью визуального и инструментального изучения производственной среды. Явные опасности выявляются тщательной регистрацией случаев потери трудоспособности, независимо от степени тяжести. На основе сравнения статистической информации производственного травматизма в России и странах Евросоюза делается вывод о сокрытии инцидентов с легкими и средними повреждениями, что является серьезной методической ошибкой, существенным образом негативно влияющей на эффективность системы управления профессиональными рисками.

Ключевые слова: Профессиональные риски, цикл Деминга-Шухарта, выявление опасностей, статистика травматизма.

Введение. Последние десятилетия в индустриально развитых странах отмечаются позитивные изменения в уровне производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Благоприятные тенденции в снижении трудовых потерь связывают с переходом на новую модель охраны труда, в основу которой положена методика выявления и устранения профессиональных рисков [2, 3].

Правительством Российской Федерации поставлена задача реформировать отечественную систему управления охраной труда (СУОТ) в соответствии с современными подходами к вопросам безопасности труда [1]. Новая модель управления охраной труда должна включать в себя реализацию процедур, которые характеризуются как «управление профессиональными рисками».

Профессиональные риски создаются производственными опасностями и вредностями, которые объективно присутствуют на каждом рабочем месте, также они проявляются в связи с тяжестью и напряженностью трудовой нагрузки персонала. Сегодня на практике используют концепцию «приемлемого риска», т.е. риска, уровень которого признается допустимым государственными инстанциями, производственным сообществом, общественными организациями и непосредственно рабочими коллективами.

Методы и организация исследования. Профессиональные риски означают вероятность причинения вреда здоровью и степень ущерба от повреждения \при выполнении работником своих обязанностей по трудовому договору. Деятельность по управлению профессиональными рисками представляет из себя циклическую последовательность выполнения взаимосвязанных практических действий, известных как «цикл Деминга-Шухарта» или как цикл PDCA (рис.1).

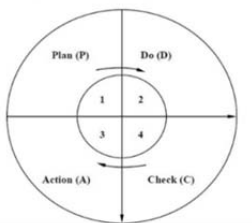


Рис.1 Схема цикла PDCA

В общем виде методология PDCA представляет из себя некий алгоритм действий руководящего состава по достижению запланированных целей в сфере охраны труда. Процесс включает следующие этапы [4]:

1. Планирование (plan). По результатам выявления и распознавания производственных опасностей и вредностей устанавливаются цели будущих действий и разрабатывается план мероприятий с перечнем необходимых действий.
2. Реализация (do). Реализация плана мероприятий осуществляется под общим руководством работодателя и ответственностью руководителя технологического подразделения с участием специалистов службы охраны труда.

3. Изучение результата (check). Этап цикла, на котором проводится мониторинг реализации работ 2-ого этапа. Контрольные действия могут инициировать корректировку как программы работ, так и изменений в формулировании целей управленческих процедур.

4. Действие (act). Руководство компании на базе комплексного анализа дает оценку первому циклу процессного подхода. Далее устанавливаются новые задачи по снижению рисков в рамках следующего цикла PDSA.

Выполнение одинаковых циклических процедур реализует в решении проблемы так называемый «процессный подход», который позволяет обеспечивать возможности для деятельности по непрерывному улучшению условий труда, по постоянному совершенствованию системы управления охраной труда [4].

Результаты и их обсуждение. Осуществление программных действий по циклу Деминга-Шухарта подразумевает комплексный подход к решению поставленных задач и оценку важности каждого этапа для получения результативных итогов. Представляется, что для отечественных служб охраны труда наиболее проблемными являются качественное исполнение первого этапа цикла - выявление и регистрация профессиональных рисков. От того, насколько полно произойдет распознавание опасных производственных факторов в значительной степени будет зависеть эффективность всего комплекса работ по управлению профессиональными рисками.

Сложность выявления состоит в том, что производственные опасности и вредности могут находиться в двух различных состояниях – в явном виде или в скрытом (неявном) виде [5]. К явному виду нахождения относятся те опасности и вредности, которые проявились и вызвали какое-то повреждение здоровья человека. В процессе расследования инцидента негативные факторы документально регистрируются и тем самым производственные опасности легализуются.

Те производственные опасности и вредности, которые еще не проявились и не совершили повреждение работника, относятся к опасным и вредным факторам, находящимся в скрытом, неявном состоянии. Они представляют особую угрозу безопасности труда вследствие того, что, во-первых, их гораздо больше, чем опасностей явного вида; во-вторых, они находятся в неочевидном состоянии непредсказуемой угрозы, их следует какими-то способами выявить и перевести в явную форму. И, в-третьих, следует ожидать, что их потенциальное воздействие на работника могут вызывать более тяжелые и самые непредсказуемые последствия.

Опасности и вредности, находящиеся в скрытом состоянии, выявляются в результате мероприятий по изучению производственной среды: регулярных обходов и визуальных осмотров рабочих мест, опросов и бесед с персоналом, постоянных замеров эксплуатационных параметров оборудования и производственной обстановки, испытаний механизмов и защитных устройств, регулярных проверок систем контроля и управления, натуральных и модельных испытаний, инженерных расчетов и пр. Подобные исследования позволяют выявить наличие опасного и вредного фактора, скрытого от внешнего проявления, до его возможного воздействия на человека.

Заблаговременное выявление скрытых, ещё не проявившихся опасностей позволяет перевести их из неявного состояния в явный вид и вместе с материалами по зарегистрированным опасностям создать информационный массив данных по условиям труда. Профилактический эффект от реализации данного активного способа выявления производственных опасностей и вредностей проявляется более значительным, чем при нейтрализации опасностей, находящихся в явном состоянии.

Опасности и вредности, находящиеся в явном состоянии, выявляются регистрацией всех проявлений производственного травматизма, особенно вызвавших временную нетрудоспособность работника. К сожалению, в практической деятельности служб охраны труда отечественных предприятий этап цикла Деминга-Шухарта по выявлению явных опасностей ведется с серьезными методическими ошибками. Сравнение статистических данных по России и по зарубежным странам показывает, что значительная часть произошедших инцидентов у нас не регистрируются, а, следовательно, причины несчастного случая не расследуются и, соответственно, не устраняются.

Так, по данным статистики в отечественном трудовом коллективе из 1000 работников в год регистрируется всего 1,3 – 2,1 несчастных случая. В странах Евросоюза за такой же период фиксируется во много раз больше инцидентов с потерей трудоспособности, а конкретнее, от 7,2 до 34,2. [6,7].

Еще один показатель травматизма – сроки восстановления трудоспособности работника после несчастного случая. В нашей стране средняя продолжительность реабилитации в 2019 году составила 49,4 дня, в Германии и в США соответственно 6 и 5 дней [6,7].

Представленные цифры свидетельствуют о том, что регистрация наиболее массовых несчастных случаев, которые вызывают повреждения легкой и средней тяжести, проводится у нас с существенными изъятиями, что кардинально затрудняет управление профессиональными рисками. Для обеспечения полноты и качества регистрации травм Международная организация труда (МОТ) рекомендует использовать специальный индикатор, который рассчитывается как отношение общего числа несчастных случаев к числу инцидентов с летальным исходом.

Так, для оценки фактического количества несчастных случаев предлагается использовать соотношение 500-1000:1, т.е. на 500-1000 зарегистрированных случаев травматизма потенциально фиксируется один инцидент с летальным исходом. В 2016 году в России по данным статистики соотношение между числом зарегистрированных несчастных случаев и числом смертельных травм составило всего 21:1. Таким образом, можно просчитать, что при количестве официально зарегистрированных 39,9 тысяч несчастных случаев и рекомендуемом индикаторе в 500-1000 инцидентов реальное число травмированных в нашей стране должно составлять от 1 миллиона до 2,1 миллиона работников [6,7].

Заключение. Внедрение методик по управлению профессиональными рисками требует тщательного учета проявлений опасных и вредных производственных факторов. Иначе вне сферы внимания окажется значительный массив опасностей и вредностей. Выявление профессиональных рисков осуществляется либо проведением исследования производственной среды (для неявных опасностей), а для проявившихся опасностей – тщательной регистрацией всех случаев повреждений здоровья.

К сожалению, в практике деятельности служб охраны труда игнорируется регистрация наиболее массовых инцидентов с легкой и средней тяжести, а, следовательно, не устраняются причины, их вызвавшие. В соответствии со специальным индикатором МОТ рассчитанное количество несчастных случаев в России должно составить от 1 миллиона до 2,1 миллиона работников при зарегистрированных 39,9 тысяч несчастных случаев.

Таким образом, без кардинального улучшения фиксации и учета проявившихся и выявленных производственных опасностей и вредностей практические действия по управлению профессиональными рисками становятся малорезультативными.

Литература:

1. Голикова Т.А. О мерах, направленных на улучшение условий труда, сохранение жизни и здоровья работников. Доклад на заседании Правительства РФ 27 октября 2011 года. / Охрана труда и техника безопасности в строительстве. № 1, 2012, с.7-11.
2. Донцов С.А., Дроздова Л.Ф., Ивахнюк Г.К. Стратегия управления безопасностью труда и охраной здоровья персонала // Безопасность жизнедеятельности. 2019. №3, 2019, с. 3-9.
3. Русак О.Н. Об основах управления безопасностью деятельности // Безопасность жизнедеятельности. №8, 2018, с. .3-8.
4. Сугак Е.Б. Особенности управления современной охраной труда. Монография. – М., Издательство АСВ, 2019, 136 с.
5. Сугак Е.Б. Учет производственного травматизма при реализации процедур по управлению профессиональными рисками // Безопасность жизнедеятельности, №10, 2022, с.3-8.
6. Тихонова Г.Л., Чуранова А.Н. Многолетний анализ особенностей учета несчастных случаев на производстве в России. // Демографическое обозрение. – т.6, 2019 - №2 – С.142-164.
7. Федорова И.А. Статистика производственного травматизма в России. 21 июля 2021. <https://getsiz.ru/statistika-proizvodstvennogo-travma.html/>

ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Еремина Т.Ю.,

профессор кафедры КБС, д.т.н.

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»*

Сушкова О.В.,

начальник Сектора пожарной безопасности

Государственный Эрмитаж, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация: В целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц на любом объекте защиты, необходимо выстраивать систему пожарной безопасности. Однако, на объектах охранного статуса систему возможно выстраивать с учетом требований законодательства в области сохранения памятников истории и культуры.

Ключевые слова: объекты культурного наследия; эвакуация; воспламеняемость; горючесть; коэффициент дымообразования; опасные факторы пожара; величина пожарного риска.

Введение

Нормативное техническое регулирование в области пожарной безопасности устанавливает требования к системам обеспечения пожарной безопасности объектов защиты в зависимости от пожарно-технической классификации зданий, сооружений и пожарных отсеков [1]. Здания ранней постройки, отнесенные к объектам культурного наследия (далее – ОКН), как и все объекты защиты, классифицированы по степени огнестойкости, конструктивной пожарной опасности и функциональной пожарной опасности. Однако, на объектах – памятниках повсеместно встречаются отступления от требований пожарной безопасности.

Созданная система противопожарной защиты ОКН, должна учитывать требования законодательства об охране памятников культуры [2] и быть обоснована критериями безопасности людей – пожарным риском, величина которого не может превышать допустимых значений [1].

Методы и материалы

Чтобы определить величину пожарного риска необходимо проанализировать пожарную опасность объекта, учесть наличие и состояние систем противопожарной защиты, выполнить моделирование распространения опасных факторов пожара (далее – ОФП), вычислить требуемое время эвакуации.

Для расчета динамики ОФП Методикой [3] допускается в качестве источника информации о свойства горючей нагрузки пользоваться справочной литературой. В настоящее время в базах данных приведены усредненные показатели типовой горючей нагрузки для групп помещений объединённых по функциональному назначению. Параметры пожароопасных свойств материалов, имеющих длительный срок эксплуатации, могут значительно отличаться от справочных.

Для обеспечения пожарной безопасности ОКН необходимо провести и проанализировать экспериментальные исследования пожароопасных характеристик материалов, применённых на путях эвакуации.

В качестве образцов для экспериментального исследования были взяты фрагменты древесины сосны исторического пола эксплуатируемой около 160 лет. Условия эксплуатации – в закрытом отапливаемом помещении. Образец № 1 - деревянный брусок светло-коричневого цвета, толщиной от 39 до 45 мм. Образец № 2 - деревянный брусок темно-коричневого цвета с сохранившимся историческим клеем на основе веществ животного происхождения, толщиной от 35 до 45 мм (рисунок 1).

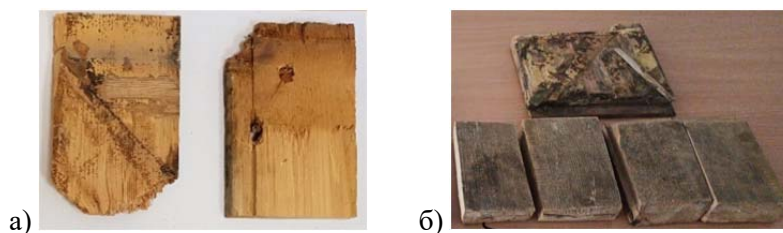


Рисунок 1 – Образцы исторической древесины сосны, а) – образец № 1, б) – образец № 2

Определение пожароопасных свойств образцов исторической древесины проводилось при поддержке испытательной лаборатории НИЦ «ПБ» ИКБС НИУ МГСУ стандартными методами, изложенными в ГОСТах [4, 5].

Результаты и их обсуждение

Анализ результатов экспериментального исследования показывает: все исследуемые образцы классифицируются как горючие материалы средней воспламеняемости (таблица 1); относятся к группе Г4 - сильногорючих материалов (таблица 2); относятся к классу материалов с высокой дымообразующей способностью (таблица 3); по показателю токсичности продуктов горения классифицируются как умеренно опасные (таблица 4); по воспламеняемости образец № 1 относится к легковоспламеняющимся материалам, образец № 2 относится к группе умеренно воспламеняющихся (таблица 5).

Таблица 1 - Результаты экспериментального определения горючести образцов древесины

№ образца	Максимальное приращение температуры, °С	Время достижения максимальной температуры, с	Потеря массы образца, %	Отнесение образцов к горючим или трудногорючим
1	416	128	42	Горючий, средней воспламеняемости
2	456	76	18	Горючий, средней воспламеняемости

Таблица 2 - Результаты экспериментального определения группы горючести

№ образца древесины	Параметры горючести				Группа горючести материалов
	Температура дымовых газов, °С	Степень повреждения по длине, %	Степень повреждения по массе, %	Продолжительность самостоятельного горения, с	
1	> 450	> 85	> 50	> 300	Г4 Сильногорючие
2	> 450	> 85	> 50	> 300	Г4 Сильногорючие

Таблица 3 - Результаты экспериментального определения показателя дымообразующей способности

№ образца	Среднее значение коэффициента дымообразования экземпляров образца, м ² /кг ⁻¹		Классификация образца по дымообразующей способности
	Режим тления	Режим горения	
1	871	98	высокая дымообразующая способность
2	884	261	высокая дымообразующая способность

Таблица 4 - Результаты экспериментального определения показателя токсичности продуктов горения

№ образца	№ экземпляра образца	Температура испытания, °С	Потеря массы, г	Массовая доля летучих веществ, %	Уровень выделения СО (gCO), мг/г	Показатель токсичности Н _{CL50} , г/м ³	Класс опасности
1	1	500	8,27	92	103,4	48,1	умеренно опасные
	2	500	7,72	94	113,9		
	3	500	7,94	94	110,0		
2	1	550	7,15	98	103,1	49,7	умеренно опасные
	2	550	5,93	98	105,6		
	3	550	6,76	97	108,3		

Таблица 5 - Результаты экспериментального определения группы воспламеняемости.

№ образца	Величина КППТП	Группа воспламеняемости
7	15 кВт/м ²	V3
9	15 кВт/м ²	V3
10	15 кВт/м ²	V3
11	20 кВт/м ²	V2

Из таблицы 3 очевидно, что полученные опытным путем значения дымообразующей способности в режиме тления отличаются от справочных величин, используемых при расчете динамики ОФП для зданий музеев и выставок, более высокими показателями.

Из результатов, представленных в таблице 4 можно предположить, что исторический клей сохранившийся на экземплярах образца № 2, имеет функцию защиты древесины от теплового воздействия.

Заключение

Принимая за исходные данные свойства горючей нагрузки, полученные экспериментальным методом в расчете пожарного риска, моделирование динамики ОФП будет более достоверным.

Выводы

Результаты и выводы, полученные при определении величины пожарного риска используются для обоснования параметров и характеристик зданий, что очень важно для объектов культурного наследия, учитывая их охранный статус. С целью получения более точных значений при определении величин пожарного риска необходимо дальнейшее изучение характеристик пожарной опасности материалов со сроком эксплуатации и внесение их в базу данных типовой горючей нагрузки для исторических объектов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект: Теоретическое и экспериментальное проектирование новых композиционных материалов для обеспечения безопасности при эксплуатации зданий и сооружений в условиях техногенных и биогенных угроз #FSWG-2020-0007).

Литература:

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 25.06.2002 N 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»
3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382.
4. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 12.12.1989 N 3683).
5. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость (введен в действие Постановлением Минстроя РФ от 24.06.1996 N 18-40).

ВЫБОР НОМЕНКЛАТУРЫ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Виноградова Н.А.,

старший преподаватель кафедры КБС, к.т.н.,

Леонова А.С., студентка ИГЭС 4-34

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация: Характерными особенностями проектирования и строительства промышленных и гражданских сооружений на современном этапе является развитие заглубленных частей сооружений, расположенных ниже уровня дневной поверхности, создание подземных переходов, связывающих отдельные сооружения, а также использование под застройку земель, малопригодных для сельскохозяйственных целей, в большинстве случаев заболоченных. В связи с этим вопросы создания надежной гидроизоляции сооружений приобретают все большее значение.

Ключевые слова: гидроизоляционные строительные материалы, номенклатура определяющих показателей качества, коэффициенты весомости

Гидроизоляционные материалы - конструктивные элементы, защищающие несущие конструкции от воздействия поверхностных и грунтовых вод.

Свойства гидроизоляционных материалов:

Первая группа свойств характеризует гидроизолирующую способность материала: водонепроницаемость, поглощаемость и насыщаемость, гигроскопичность, гидрофильность и гидрофобность. Свойства этой группы отражают качество материала для целей гидроизоляции, и они в наибольшей степени зависят от пористости.

Гидроизоляционные материалы стремятся изготавливать максимально плотными. Исключением служат насыпные материалы и некоторые разновидности герметиков. Пористость оказывает негативное влияние на многие свойства материала, особенно при открытых порах.

Вторая группа определяет механические свойства: прочность, пластичность, упругость, вязкость. От показателей этих свойств зависит способность гидроизоляционных материалов сопротивляться механическим силам, оказывать сопротивление внутренним напряжениям в материале без нарушения сплошности структуры, изменение формы и размеров.

Третья группа свойств оценивает долговечность гидроизоляционных материалов.

При оценивании качества продукции важно обоснованно провести выбор показателей качества. Показатели, по которым оценивают качество продукции, называются определяющими.

В работе был проанализирован ГОСТ 4.203-79 «Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Номенклатура показателей». В данном нормативном документе приведены показатели качества гидроизоляционных материалов и их применяемость. Для выявления определяющих показателей качества был выбран наиболее полный перечень показателей качества гидроизоляционных материалов для последующего проведения экспертного опроса.

Выбор определяющих показателей качества сводится к нахождению коэффициентов весомости отдельных показателей в общей оценке качества продукции. Коэффициенты весомости показателей качества определяют экспертным методом. Для этого формируют экспертную группу и проводят ранжирование показателей. Наиболее важному показателю присваивается ранг 1. Возможны случаи, когда нескольким показателям качества присваиваются одинаковые ранги. В таблице 1 приведены основные показатели качества гидроизоляционных материалов и ранговые оценки, проставленные экспертами. Далее проводится обработка полученных результатов с целью выявления определяющих показателей качества.

По результатам проведенного экспертного опроса самыми важными показателями качества гидроизоляционных материалов стали толщина полотна, отношение массы пропиточного состава к массе абсолютно сухой основы, масса вяжущего, масса основы при стандартной влажности, температура размягчения пропиточного состава, температура

размягчения вяжущего.

Таблица 1

Основные показатели качества гидроизоляционных материалов

Показатели качества	Эксперты						
	1	2	3	4	5	6	7
Толщина полотна	4	7	6	7	4	3	4
Отношение массы пропиточного состава к массе абсолютно сухой основы	6	5	5	4	6	7	6
Масса вяжущего	5	6	7	5	5	6	5
Масса основы при стандартной влажности	2	1	2	1	1	2	1
Содержание наполнителя в вяжущем	1	8	9	8	7	8	3
Температура-устойчивость	3	10	10	9	8	5	2
Температура размягчения пропиточного состава	9	2	1	2	3	9	7
Температура размягчения вяжущего	10	4	3	3	2	1	8
Зерновой состав посыпки	7	3	4	6	9	10	9
Относительное удлинение	8	9	8	10	3	4	10

Выводы. Гидроизоляционные материалы отличаются от других строительных материалов повышенной водонепроницаемостью и водостойкостью при длительном действии воды. К гидроизоляционным материалам и конструкциям предъявляется ряд дополнительных требований в зависимости от вида сооружений, для защиты которых они предназначены, и расчетной долговечности этих сооружений, сроков капитальных ремонтов и режима эксплуатации.

Высококачественные современные гидроизоляционные материалы защитят строительные сооружения от влаги, многократно увеличив сроки их эксплуатации, избавив от частых внеплановых ремонтов.

Литература:

1. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. ГОСТ 4.203-79 «Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Номенклатура показателей».
3. Vinogradova N.A., Plekhanova S.V. Analysis of the requirements of normative and technical documentation for piling equipment// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 911 (2020) 012021 doi: 10.1088/1757-899X/911/1/012021.
4. N A Vinogradova and S V Plekhanova. Quality assurance in the design of heating systems in green building. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1926, Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021) 9 th - 10th March 2021, Belgorod, Russia.
5. S. V. Plekhanova, U. A. Stroganova, and N. A. Vinogradova Research of the properties of medical elastic compression products. AIP Conference Proceedings 2430, 050002 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0077581>.
6. Виноградова Н.А. Кинетика изнашивания тканей специального назначения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. – № 3. С. 61-64.

МОДЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ УЧАСТИЯ ВОДОРОДА В ГОРЕНИИ И ВЗРЫВЕ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОДОРОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

Лебедченко О.С.,

доцент кафедры инженерной теплофизики и гидравлики, к.ю.н.,

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Пузач С.В.,

профессор кафедры КБС, профессор, д.т.н.,

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация: Аналитически решена модельная задача распространения водорода в пограничном слое при диффузии и конвекции на открытой поверхности испаряющегося жидкого водорода или емкости с газообразным водородом. Определены массовые коэффициенты участия водорода в горении и взрыве. Модельная задача распространения водорода в области конвективной колонки, образующейся над источником его натекания в помещении, решена с использованием угла полуоткрытия колонки. Рассчитано расположения взрыво- и пожароопасных участков водородно-воздушной смеси по высоте конвективной колонки.

Ключевые слова: водородно-воздушная смесь, коэффициент участия водорода в горении и взрыве, модельная задача, естественная конвекция, безопасный останов реакторной установки.

Введение. Система контроля и удаления водорода предназначена для обеспечения водородной пожаровзрывобезопасности в зоне локализации аварии во время проектных и запроектных аварий на АЭС.

Для расчета коэффициентов участия водорода в горении и взрыве необходимо в общем виде решать трехмерные нестационарные уравнения конвекции для водорода. Однако, для тестирования математической модели из-за отсутствия надежных экспериментальных данных по динамике образования и распространения водорода необходимы аналитические решения.

Целью работы является определение массовых коэффициентов участия водорода в горении и взрыве для рассмотренных трех модельных задач распространения водорода.

Задача №1. Стационарная одномерная концентрационная установившаяся диффузия водорода в водородно-воздушной смеси в случае отсутствия конвекции.

Задача №2. Распространение водорода в воздухе при ламинарной или турбулентной конвекции на горизонтальной поверхности, через которую натекает водород, при ее обдуве потоком воздуха.

Задача №3. Распространение водорода в области конвективной колонки, образующейся над источником его натекания в помещении.

Метод исследования.

Задача №1. Распределение концентраций водорода определяется из уравнения диффузии [1]:

$$\frac{d}{dx} \left(\rho D \frac{dX_h}{dx} \right) = 0, \quad (1)$$

где ρ – локальная плотность водородно-воздушной смеси; D – коэффициент молекулярной диффузии водорода в воздухе; X_h – локальная массовая концентрация водорода; x – координата вдоль длины канала.

Решение уравнения (1) имеет вид:

$$X_h = \left(X_1 + \frac{\mu_h}{\mu_a - \mu_h} \right) \left(\frac{(\mu_a - \mu_h)X_2 + \mu_h}{(\mu_a - \mu_h)X_1 + \mu_h} \right)^{\bar{x}} - \frac{\mu_h}{\mu_a - \mu_h}, \quad (2)$$

где μ_a , μ_h – молекулярные массы воздуха и водорода; $\bar{x} = x/L$ – безразмерная координата; при $\bar{x}=0$: $X_h = X_1$; при $\bar{x}=1$: $X_h = X_2$.

Задача №2. Рассмотрим диффузионный пограничный слой при конвекции на горизонтальной проницаемой пластине (рис. 1).

Обозначения на рис. 1 следующие: x – координата вдоль длины пластины; y – координата, перпендикулярная поверхности пластины; δ – толщина диффузионного пограничного слоя; w_0 – скорость набегающего потока воздуха.

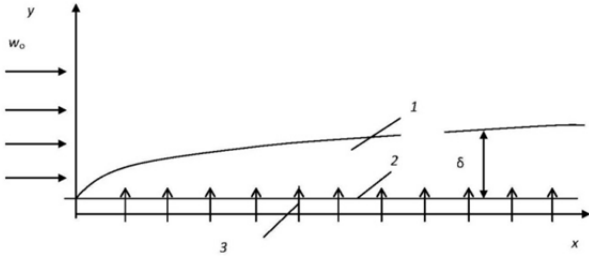


Рис. 1. Схема диффузионного пограничного слоя при конвекции на горизонтальной проницаемой пластине: 1 – пограничный слой; 2 – поверхность пластины, где $X_h=1$; 3 – направление движения водорода на стенке

Такой случай эквивалентен обдуванию вентилятором или ветром поверхности испаряющегося жидкого водорода или открытой поверхности емкости с газообразным водородом при равенстве давления внутри нее наружному (например, при разгерметизации гидридного аккумулятора водорода).

Получены решения интегрального уравнения диффузионного пограничного ламинарного и турбулентного пограничного слоев. Для турбулентного пограничного слоя:

$$G_r = A \int_{\xi_{r1}}^{\xi_{r2}} \frac{X_{h,w} - \xi^{1/7}(X_{h,w} - X_{h,o})}{(v_a - v_h)X_{h,w} - \xi^{1/7}(X_{h,w} - X_{h,o}) + v_h} \xi^{1/7} d\xi, \quad (3)$$

$$G_b = A \int_{\xi_{b1}}^{\xi_{b2}} \frac{X_{h,w} - \xi^{1/7}(X_{h,w} - X_{h,o})}{(v_a - v_h)X_{h,w} - \xi^{1/7}(X_{h,w} - X_{h,o}) + v_h} \xi^{1/7} d\xi, \quad (4)$$

где G_r – суммарный массовый расход водорода, приходящийся на участок с его концентрацией $X_{r1} \leq X_h \leq X_{r2}$ (горючая смесь); G_b – суммарный массовый расход водорода, приходящийся на участок с его концентрацией $X_{b1} \leq X_h \leq X_{b2}$ (взрывоопасная смесь).

Интегралы (3) и (4) решены численным способом [2].

Задача №3. Схема газодинамической картины представлена на рис. 2.

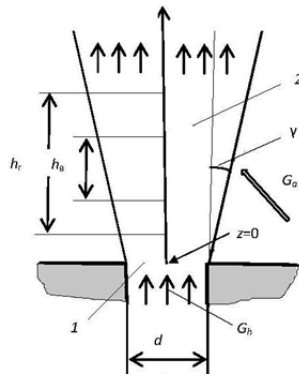


Рис. 2. Условная схема газодинамической картины при натекании водорода в помещение: 1 – отверстие; 2 – конвективная колонка

Через отверстие (1) происходит поступление водорода с расходом G_h из емкости в помещение. Под действием подъемных сил и перепада давлений в емкости с водородом и помещении над источником натекания образуется конвективная колонка (2), в которую подмешивается окружающий воздух с переменным по высоте z расходом G_a .

Дифференциальное уравнение расчета параметров по высоте конвективной колонки приведено к виду:

$$\frac{dX_h}{dz} = \left[\frac{B}{X_h(\mu_a - \mu_h) + \mu_h} - \rho_a \right] \frac{g(d/2 + z \operatorname{tg} \gamma)^4}{A[\mu_a - \mu_h + 2\mu_h / X_h]} - \frac{2 \operatorname{tg} \gamma [(\mu_a - \mu_h)X_h - \mu_h]}{(d/2 + z \operatorname{tg} \gamma)[\mu_a - \mu_h + 2\mu_h / X_h]} + \frac{2p_o(d/2 + z \operatorname{tg} \gamma)^3 \operatorname{tg} \gamma \cdot X_h^2}{A[\mu_a - \mu_h + 2\mu_h / X_h]}, \quad (5)$$

где $A = \frac{G_h^2}{\pi^2 B}$ – размерный параметр; $B = \frac{p_o \mu_h \mu_a}{R_u T}$ – размерный параметр; μ_a, μ_h – молекулярные массы воздуха и водорода, соответственно; T – температура воздуха; p_o – давление воздуха на высоте $z=0$; R_u – универсальная газовая постоянная.

Дифференциальное уравнение 5) решено численным методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности [2].

Результаты и их обсуждение.

Задача №1. Распределение массовых концентраций водорода по длине канала в частном случае диффузии водорода из емкости ($X_1=1$) в чистый воздух ($X_2=0$) показано на рис. 3.

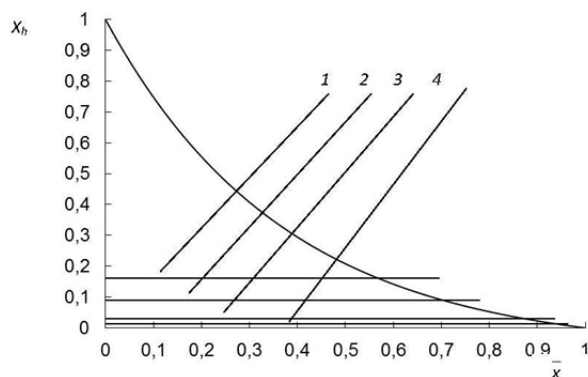


Рис. 3. Распределение массовой концентрации водорода по длине канала:

1 – $X_h = X_{r2}$; 2 – $X_h = X_{d2}$; 3 – $X_h = X_{d1}$; 4 – $X_h = X_{r1}$

Максимальные значения коэффициентов участия массы водорода, находящейся внутри канала, в горении и взрыве составляют:

$$Z_r = 0,2743; \quad Z_b = 0,1279.$$

Это означает, что при отсутствии конвекции для установившейся молекулярной диффузии 27,43 % всей массы водорода образуют горючую водородно-воздушную смесь и 12,79 % - взрывоопасную смесь.

Задача №2. Зависимости концентрации водорода по толщине диффузионного пограничного слоя представлены на рис. 4.

Доли суммарного количества массового расхода водорода, проходящего через поперечное сечение пограничного слоя, которые приходится на горючие и взрывоопасные водородно-воздушные смеси равны:

- ламинарный пограничный слой: $Z_r = 0,37$; $Z_b = 0,18$;
- турбулентный пограничный слой: $Z_r = 0,63$; $Z_b = 0,31$.

Таким образом, при конвекции коэффициенты участия водорода в горении и взрыве существенно выше, чем только при диффузии.

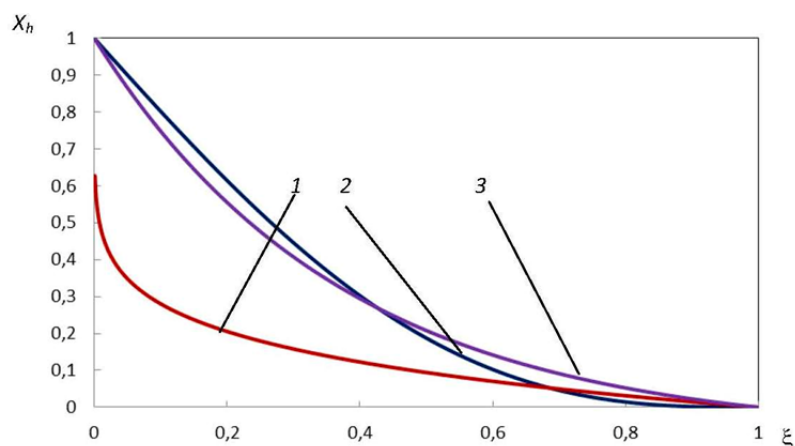


Рис. 4. Профиль массовых концентраций водорода по толщине пограничного слоя: 1 - турбулентный режим; 2 – ламинарный режим; 3 – стационарная диффузия

Задача №3. Получены зависимости безразмерных высот поперечных сечений конвективной колонки, ограничивающих пожароопасные и взрывоопасные участки водородно-воздушной смеси, от числа Рейнольдса (например, рис. 5).

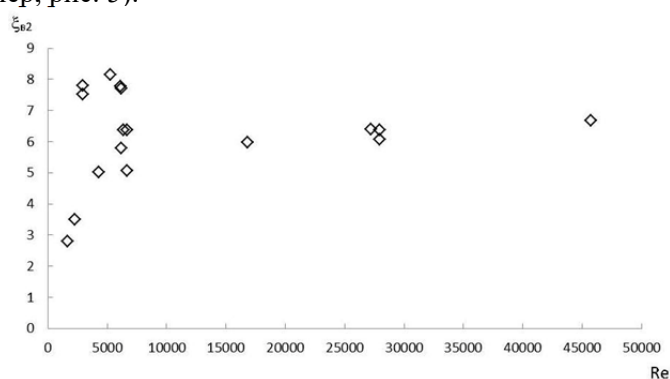


Рис. 5. Зависимость безразмерной координаты ξ_{B2} до поперечного сечения колонки, в котором средняя массовая концентрация водорода равна верхнему концентрационному пределу детонации, от числа Рейнольдса; $\xi_{B2}=z_{B2}/d$; z_{B2} – координата по оси z до поперечного сечения колонки, где $X_h=X_{B2}$

Анализ результатов расчета показал:

- при ламинарном ($Re < 2300$) и переходном ($2300 < Re < 10^4$) режимах истечения струи водорода из отверстия безразмерные координаты по высоте пожароопасных и взрывоопасных участков конвективной колонки существенно зависят от числа Рейнольдса;

- при турбулентном режиме истечения ($Re > 10^4$) происходит стабилизация расположения и размеров пожароопасных и взрывоопасных участков.

В случае турбулентного режима истечения безразмерная длина пожароопасной зоны находится в пределах $\xi_r = h_r/d = 141 \div 167$, а безразмерная длина взрывоопасной зоны - $\xi_B = h_B/d = 25,1 \div 28,7$.

Заключение. Представленные в работе аналитические решения модельных задач расчета коэффициентов участия водорода в горении и взрыве могут быть использованы при обеспечении водородной безопасности АЭС в случае натекания водорода в гермозону реакторного здания, в помещения, используемые для зарядки аккумуляторных батарей, в помещение машинного зала, в случае использования водорода в генераторных установках.

Литература:

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. - М.: Атомиздат, 1979. - 416 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука, 1968. - 720 с.

3. Пузач С.В., Лебедченко О.С. Математическое моделирование динамики опасных факторов пожара при пассивной противопожарной защите в основных зданиях атомных электростанций с водно-водяными реакторами. Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 304 с.
4. Исследование горения локальных водородовоздушных смесей в негерметичном сосуде с препятствиями / Корольченко А.Я., Трунев А.В., Шебеко Ю.Н., Цариченко С.Г., Простов Е.Н. // Физика горения и взрыва. - 1995. - Т. 31, № 1. - С. 17-22.
5. Шевяков Г.Г., Савельева Н.И. Распространение и горение струи водорода в открытой атмосфере // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAEE. – 2004. – N. 1 (9). – pp. 23-27.
6. Домашенко А.М. Проблемы взрывобезопасности при создании и эксплуатации промышленных систем хранения и транспортирования жидкого водорода. Стандарты / Первый всемирный конгресс «Альтернативная энергетика и экология» WCAEE. – 2006. – С. 29-38.

РАСЧЕТ ПОЖАРНОГО РИСКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ОТ ФРОНТА ВЕРХОВОГО УСТОЙЧИВОГО ПОВАЛЬНОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ЖИЛОЙ ДОМ

Пузач С.В.,

профессор кафедры КБС, профессор, д.т.н.,

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Маламут О.Ю.,

преподаватель кафедры инженерной теплофизики и гидравлики

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Математическая модель учитывает частоту возникновения верховых лесных пожаров, вероятность воспламенения горючих конструкций дома, вероятность эффективности различных активных и пассивных противопожарных мероприятий, метеорологические условия, пирологические и геометрические характеристики лесного массива, а также расстояние от дома до кромки леса.

Ключевые слова: лесной верховой пожар, кромка пожара, пирологическая характеристика, метеорологическая характеристика, математическое моделирование, скорость распространения.

Введение.

Существуют вероятностные и детерминированные методы расчета воздействия лесного пожара на жилые дома [1-3]. Однако, вероятностный подход не учитывает конкретный механизм воздействия лесного пожара на конструкции дома, а детерминированный не принимает во внимание вероятности возникновения и развития пожара, а также своевременности прибытия пожарных подразделений для тушения. Поэтому актуальной задачей является объединение вышеуказанных подходов.

Методы и организация исследования.

Используются теоретические методы теории теплопроводности и лучистого теплопереноса, анализ статистики лесных пожаров, теория пожарного риска.

Дома, особенно расположенные в сельской местности, как правило, включают в себя горючие конструкции (деревянные дома, бани, стропила, фасады и т.д.). Поэтому необходима эффективная защита от теплового потока, падающего от фронта лесного пожара.

Для прогноза плотности лучистого теплового потока, падающего на горючие материалы дома, необходимо, в первую очередь, знать параметры на кромке лесного пожара и скорость ее движения. В работе [4] получена формула для скорости кромки лесного пожара, позволяющая учесть пирологические характеристики лесных горючих материалов и метеорологические условия конкретной местности. Объединение математической модели вышеуказанной статьи с элементами вероятностного подхода позволит повысить точность прогноза возгорания домов от воздействия лесного пожара.

Результаты и их обсуждение.

Схема воздействия лучистого теплового потока, падающего на деревянные элементы конструкции жилого дома, расположенного вблизи кромки лесного массива, представлена на рис. 1.

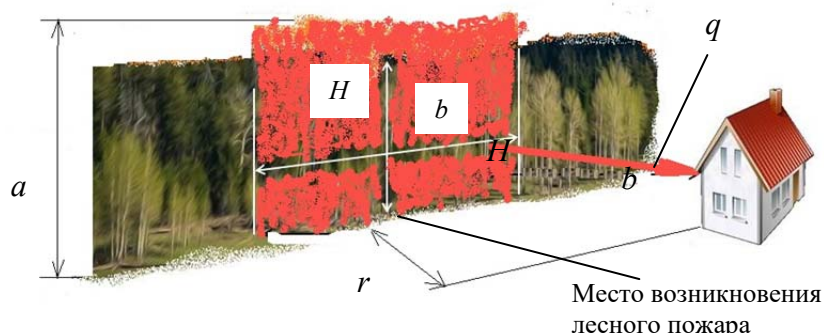


Рис.1 Схема воздействия лучистого теплового потока, падающего на деревянные элементы конструкции жилого дома, расположенного вблизи кромки лесного массива

Основой для расчета нагрева деревянных или других горючих элементов конструкции жилого

дома является уравнение лучистого теплообмена [5]:

$$q = \varepsilon_{\text{пр}} c_0 \left[\left(\frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{к}}}{100} \right)^4 \right] \psi, \quad (1)$$

где q – плотность лучистого теплового потока, попадающего на поверхность деревянных или других горючих элементов конструкции жилого дома, Вт/м², $T_{\text{н}}$ – температура излучающей поверхности фронта лесного пожара, К, $T_{\text{к}}$ – температура на облучаемой поверхности конструкции, К, $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты системы «фронт пламени–поверхность конструкции»; $c_0=5,67$ Вт/(м²·К⁴) – коэффициент излучения абсолютно черного тела; ψ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями, в которой в неявной форме входит расстояние по нормали между излучающей и облучаемой поверхностями.

Пожарный риск $Q_{\text{в}}$ (1/год) для жилого дома, вызванный воспламенением деревянных или других горючих элементов конструкций дома от падающего на них лучистого теплового потока от фронта лесного пожара, определяем по следующему выражению:

$$Q_{\text{в}} = P_{\text{п}} P_0 \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{пзи}}), \quad (2)$$

где $P_{\text{п}}$ – частота возникновения верховых лесных пожаров, 1/год; P_0 – вероятность воспламенения горючих конструкций дома, когда нет противопожарных мероприятий; $P_{\text{пзи}}$ – вероятность эффективности проведения i -го противопожарного мероприятия; n – количество противопожарных мероприятий.

Рассматриваем жилой деревянный дом, расположенный на расстоянии 10 м от кромки леса, состоящего из сосен (сосняки лишайниковые) средней высотой $H=15$ м. Толщина деревянной стены дома равна 0,2 м.

Принимаем частоту возникновения верховых лесных пожаров равной $P_{\text{п}}=5$ 1/год (на примере Московской области в 2020 г. [6]).

При отсутствии противопожарных мероприятий по защите дома от теплового воздействия лесного пожара зависимости максимальной температуры облучаемой поверхности древесины и температуры необогреваемой поверхности стены от времени с начала верхового пожара приведены на рис. 2. Результаты расчета пожарного риска по формуле (1) представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что величина пожарного риска для воспламенения жилого дома при увеличении ширины минерализованной полосы от $b_{\text{п}}=30$ м до $b_{\text{п}}=70$ м уменьшается в 1000 раз.

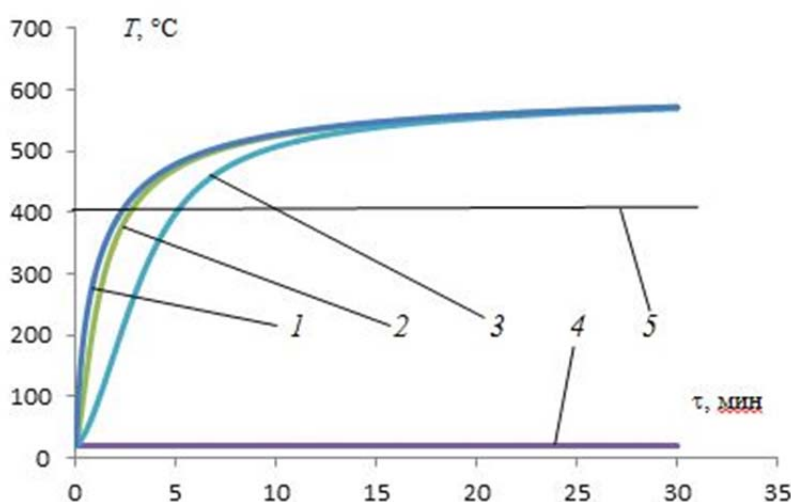


Рис. 2. Зависимости характерных температур от времени: температура облучаемой поверхности стены: 1 – скорость движения кромки $w_{\text{ф}}=0,04$ м/с; 2 – $w_{\text{ф}}=0,22$ м/с; 3 – $w_{\text{ф}}=1,11$ м/с; температура необогреваемой (внутренней) поверхности стены: 4 – $w_{\text{ф}}=0,04 \div 1,11$ м/с; 5 – $T_{\text{с}}=406^{\circ}\text{C}$.

Результаты расчета пожарного риска

Скорость ветра, м/с	Время до самовоспламенения стены, мин			Вероятность самовоспламенения без минерализованной полосы, P_0	Вероятность эффективности минерализованной полосы, $P_{пз}$		Пожарный риск, 1/год		
	Без минерализованной полосы	Ширина минерализованной полосы, м			Ширина минерализованной полосы, м		Без минерализованной полосы	Ширина минерализованной полосы, м	
		30	70		30	70		30	70
		>30			>30			>30	
0,04	5,18	19,9	>30	0,999	0,001	0,999	4,995	4,99	0,005
1,11	2,28	12,1	>30	0,999	0,001	0,999	4,995	4,99	0,005

Заключение.

Разработанная математическая модель расчета пожарного риска, вызванного воздействием лучистого теплового потока от фронта верхового устойчивого повального лесного пожара на горючие конструкции жилого дома, расположенного вблизи кромки лесного массива, объединяет детерминированный и вероятностный подходы. Это позволяет повысить точность прогнозирования теплового воздействия лесного пожара, что необходимо для разработки эффективных противопожарных мероприятий по защите населенных пунктов

Литература:

1. Пузач С. В., Горюшкин С. С. Оценка теплового воздействия лесного пожара на электрическую подстанцию с масляными трансформаторами // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 3. – С. 79-83.
2. Щетинский Е.А. Спутник руководителя тушения пожара. – М.: ЗАО «Спецтехника», 2001. – 75 С.
3. Гришин А. М. О математическом моделировании природных пожаров и катастроф // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2008. - № 2(3). - С. 105-114.
4. Пузач С. В., Ле Ань Туан, Сафошкина К.Е. Многофакторная математическая модель расчета скорости распространения кромки лесного низового пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2019. - № 4. - С. 7-15.
5. Кошмаров Ю. А., Пузач С.В., Лебедченко О.С. Теплотехника – М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. — 502 с.
6. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021, 264 с.

ДЫМООБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Покровская Е.Н.,

профессор кафедры КБС, д.т.н.

Пахомов А.В.,

аспирант кафедры КБС

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»*

Аннотация: Памятники деревянного зодчества - объекты культурного наследия России, сохранение которых является актуальной задачей. Древесина, как углеродосодержащий природный полимер, подвержена разрушающим действиям микроорганизмов. На сохранность конструкций памятников деревянного зодчества влияет концентрация жизнеспособных спор микроорганизмов на поверхности древесины. Наличие концентрация жизнеспособных спор выше 80 сп/см² на поверхности способствует разрушению деревянных конструкций. В настоящей работе рассматривалось наличие биоразрушителей и их концентрации на поверхности образцов памятников деревянного зодчества.

Ключевые слова: памятники деревянного зодчества, микроорганизмы, биоразрушение, эфиры кислот фосфора.

Введение.

Памятники деревянного зодчества России являются объектами культурного мирового наследия. По данным Министерства культуры на 2017 год в Единый государственный реестр ОКН Российской Федерации включен 92 171 объект. Из них 8899 ОКН деревянного зодчества, т.е. 9,7% от общего количества объектов, в том числе:

- объектов культурного наследия федерального значения (ОКН ФЗ) – 704 (8% всех ОДЗ, 0,8% всех зарегистрированных ОКН);

- ОКН регионального значения (ОКН РЗ) – 6500, т. е. 73%;

- ОКН местного значения (ОКН МЗ) – 117, т. е. 1,3%.

С 1960 г. процесс утраты ПДЗ по количественным показателям остается стабильным – каждые 20 лет в стране погибает более 400 памятников:

• 1960–1979 гг. – утрачено 455,

• 1980–1999 гг. – утрачено 416,

• 2000–2016 гг. – утрачено 405 ПДЗ.

В случае, если тенденции утрат памятников деревянного зодчества останутся неизменны, ориентировочно в течение 440 лет будут утрачены все памятники деревянного зодчества. Что безусловно говорит об актуальности проблемы сохранения ПДЗ.

Одной из основных причин утрат памятников деревянного зодчества является пожары и биоразрушение.

Исследование пожароопасных свойств древесины ПДЗ а также влияние биоразрушающих микроорганизмов на древесину ПДЗ является актуальной задачей.

В исследованиях использованы образцы древесины конструкций памятников деревянного зодчества различных сроков и условий эксплуатации.



Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Год постройки: 1764 г. Объект культурного наследия федерального значения. Объект всемирного наследия ЮНЕСКО.

По результатам натурного обследования общее состояние деревянных конструкций здания можно охарактеризовать как хорошее. У оснований фундаментов появляется наличие плесневого налета. Наблюдаются поражения древесины, биокоррозия.



Церковь Преображения Господня. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Год постройки: 1714 г. Объект культурного наследия федерального значения. Объект всемирного наследия ЮНЕСКО.

Деревянные конструкции памятника находятся в хорошем состоянии. У оснований фундамента появляется наличие плесневого налета.



Государственный мемориальный музыкальный музей-заповедник П.И. Чайковского. Россия, г. Клин, ул. Чайковского, д. 48. Год постройки: 1892 г. Объект культурного наследия федерального значения. Здание находится в хорошем состоянии. Памятник эксплуатируется в качестве музея.

Особняк Шарвина. дом 91 / ул. Логинова, культурного наследия Памятник находится в молодежный театр». состоянии. Частично есть



Россия, г. Архангельск, проспект Троицкий, дом 9. Год постройки: 1852 г. Объект регионального значения. эксплуатация у ГБУК АО «Архангельский Здание в целом находится в хорошем разрушенные деревянные конструкции.



Усадьба Бергов: дом Берга младшего. Россия, г. Москва, поселение Первомайское, п. Первомайское, улица Парковая. Год постройки: 1904 г. Объект культурного наследия регионального значения. Здание находится в полуразрушенном состоянии, утрачено более 50% несущих и ограждающих конструкций. Конструкции частично подвержены биокоррозии. В настоящее время на объект разрабатывается проект реставрации и приспособления под современные нужды.



Усадьба «Виноградово». Скотный двор со складами. Россия, г. Москва, Дмитровское шоссе, д.169, стр. 17. Год постройки: 1912 г. Объект культурного наследия федерального значения. Здание частично разрушено пожаром. Сохранившиеся деревянные конструкции памятника находятся в удовлетворительном состоянии, частично подвержены биокоррозии. В настоящее время на объект разрабатывается научно-проектная документация на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия федерального значения.



Дом Бажениных. Россия, Архангельская область, Холмогорский район, деревня Вавчуга, дом 35. Год постройки: 1732 г. Объект культурного наследия регионального значения. Конструкции здания подвержены разрушению. Памятник в настоящее время не эксплуатируется. Деревянные конструкции подвержены биокоррозии.

Объекты культурного наследия находятся в различных эксплуатационных условиях. Образцы древесины, взятой с памятников, по внешним характеристикам имеют различную степень разрушенности (рис.1).



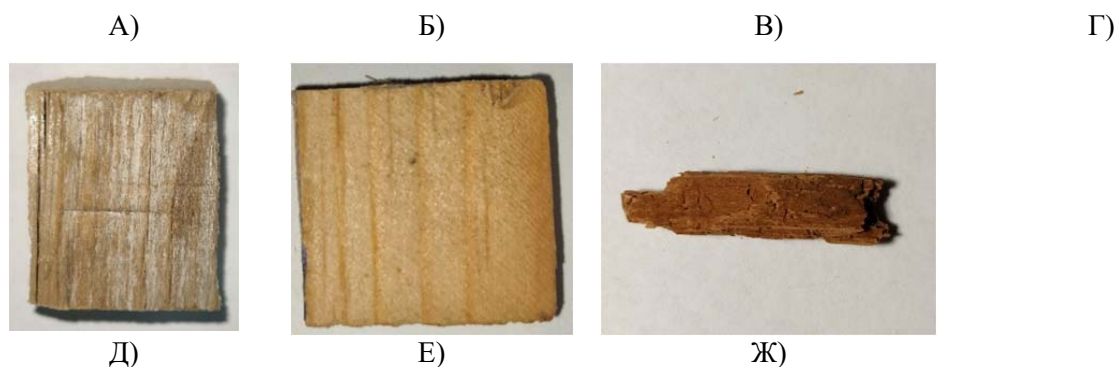


Рис. 1. Образцы древесины ПДЗ. А) Церковь Преображения Господня. 1714 г.; Б) Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. 1764 г.; В) Особняк Шарвина. 1852 г.; Г) Музей-заповедник им. П.И. Чайковского. 1894 г.; Д) Усадьба Бергов: дом Берга младшего. 1904 г.; Е) Усадьба «Виноградово». 1912 г. Ж) Дом Бажениных. 1732 г.

Дымообразующую способность определяли согласно ГОСТ 12.1.044-89 (п. 4.18). Для каждого режима испытаний определялся коэффициент дымообразования как среднеарифметическое по результатам пяти испытаний.

За коэффициент дымообразования исследуемого материала принималось большее значение коэффициента дымообразования, вычисленное для двух режимов испытания. Сходимость и воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95% не превышала 15%.

Испытания проводились при максимальном значении плотности теплового потока, при котором не происходит воспламенение образца. В таблице 1 представлены составы и коэффициенты дымообразования объектов.

Таблица 1.

№ п.п	Объект	Состав	Dm, м ² /кг
1	Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба «Виноградово», 2-я пол. XVIII в. – нач. XX в. - Скотный двор со складами, 1912 г., арх. И.В. Жолтовский»	Исходный	928
2	Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба «Виноградово», 2-я пол. XVIII в. – нач. XX в. - Скотный двор со складами, 1912 г., арх. И.В. Жолтовский»	Сенеж	679
3	Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба «Виноградово», 2-я пол. XVIII в. – нач. XX в. - Скотный двор со складами, 1912 г., арх. И.В. Жолтовский»	НТФ, УНТ	810
4	Церковь Преображения Господня. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1714 г.	Исходный	866
5	Церковь Преображения Господня. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1714 г.	Сенеж	543
6	Церковь Преображения Господня. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1714 г.	НТФ, УНТ	502
7	Государственный мемориальный музыкальный музей-заповедник П.И. Чайковского. г. Клин,	Исходный	1059

	ул. Чайковского, д. 48. Объект культурного наследия. 2 пол. XIX в		
8	Государственный мемориальный музыкальный музей-заповедник П.И. Чайковского. г. Клин, ул. Чайковского, д. 48. Объект культурного наследия. 2 пол. XIX в	Сенеж	544
9	Государственный мемориальный музыкальный музей-заповедник П.И. Чайковского. г. Клин, ул. Чайковского, д. 48. Объект культурного наследия. 2 пол. XIX в	НТФ, УНТ	448
10	Усадьба Бергов: дом Берга младшего, 1904г., г. Москва, поселение Первомайское, п. Первомайское, улица Парковая.	Исходный	735
11	Усадьба Бергов: дом Берга младшего, 1904г., г. Москва, поселение Первомайское, п. Первомайское, улица Парковая.	Сенеж	102
12	Усадьба Бергов: дом Берга младшего, 1904г., г. Москва, поселение Первомайское, п. Первомайское, улица Парковая.	НТФ, УНТ	229
13	Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1764 г.	Исходный	506
14	"Дом Бажениных". Архангельская область, Холмогорский район, деревня Вавчуга, дом 35. Объект культурного наследия регионального значения. XVIII век.	Исходный	402
15	«Особняк Шарвина», г. Архангельск, проспект Троицкий, дом 91 / ул. Логинова, дом 9. Объект культурного наследия регионального значения. 1852 г.	Исходный	379

Микологический анализ деревянных конструкций объектов культурного наследия проводился совместно с РАН РФ (Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова), Ковальчук Ю.Л.

Для определения степени роста грибов на образцах пробы древесины помещались на поверхность стерильных питательных сред (среда Сабуро и среда Чапека-Докса) в чашки Петри и инкубировали при температуре 27-28 °С и относительной влажности 90 % в течении недели и больше.

Определение численности жизнеспособных спор грибов на 1 см² поверхности проводилось методом прямого посева и последующего расчета проросших спор; также рассчитывалось общее количество колониеобразующих микроорганизмов – КОЕ (в сумме – грибы, дрожжи и бактерии).

Результаты микологических исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2.

№ п/п	Образцы	Микроорганизмы (МО), обнаруженные в пробе, Среда Чапека	Кол-во жизнеспособных спор на 1 см ²	Конц. МО в 1 г пробы (общее кол-во)
1	Церковь Преображения Господня. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1714 г.	Дрожжи Rhodotorula Aureobasidium pullulans	9	2,6·10 КОЕ

2	Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1764 г.	<i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium biforme</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Fusarium solani</i>	107	$4,5 \cdot 10^6$ КОЕ
3	«Особняк Шарвина», г. Архангельск, проспект Троицкий, дом 91 / ул. Логинова, дом 9. Объект культурного наследия регионального значения. 1852 г.	<i>Penicillium aurantiogriseum</i> , <i>Mucor plumbeus</i> , <i>Penicillium biforme</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>	107	$4,2 \cdot 10^6$ КОЕ
4	Государственный мемориальный музыкальный музей-заповедник П.И. Чайковского. г. Клин, ул. Чайковского, д. 48. Объект культурного наследия. 2 пол. XIX в.	<i>Mycelia sterilia</i>	1	1
5	Усадьба Бергов: дом Берга младшего, 1904 г. г. Москва, поселение Первомайское, п. Первомайское, улица Парковая.	<i>Stemphylium botryosum</i> <i>Basidiomycetes sp.</i> , <i>Aspergillus candidum</i> , <i>Penicillium sp.</i> розовые, <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Aureobasidium pullulans</i>	98	$4,8 \cdot 10^3$ КОЕ
6	Объект культурного наследия федерального значения «Усадьба «Виноградово», 2-я пол. XVIII в. – нач. XX в. - Скотный двор со складами, 1912 г., арх. И.В. Жолтовский»	<i>Mucor circinelloides</i> , <i>Mucor racemosus</i> <i>Penicillium biforme</i> , <i>Aureobasidium pullulans</i> .	10	$2,5 \cdot 10$ КОЕ
7	Дом Бажениных. Россия, Архангельская область, Холмогорский район, деревня Вавчуга, дом 35. Год постройки: 1732 г.	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Penicillium brevicompactum</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Phoma</i>	190	$5,8 \cdot 10^6$ КОЕ



А)



Б)



В)



Г)



Д) Е) Ж)

Рис. 5. Внешний вид колоний грибов на твердой среде Чапека. А) Церковь Преображения Господня. 1714 г.; Б) Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. 1764 г.; В) Особняк Шарвина. 1852 г.; Г) Музей-заповедник им. П.И. Чайковского. 1894 г.; Д) Усадьба Бергов: дом Берга младшего. 1904 г.; Е) Усадьба «Виноградово». 1912 г.; Ж) Дом Бажениных. 1732 г.

По результатам микологических исследований в образцах древесины памятников деревянного зодчества выявлены плесневые грибы (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*); биоповреждающие – *Trichoderma*, *Mucor*; дереворазрушающие *Stemphylium*; дрожжи и дрожжеподобные грибки *Rodotoruba*, *Aureobasidium*. Концентрация жизнеспособных спор в образцах древесины ПДЗ составляла от 1 до 190 сп/см². Наибольшее количество жизнеспособных спор получено для образцов, взятых с ПДЗ Дом Бажениных, Церковь Покрова Пресвятой Богородицы и Особняк Шарвина - 190, 107, 107 сп/см² соответственно. Как известно из литературных источников, концентрация жизнеспособных спор больше 80 сп/см² приводит к разрушению древесины.

Результаты микологических исследований для образцов древесины модифицированной раствором НТФ 30% с УНТ 0,1% показали значительное снижение количества жизнеспособных спор на поверхности, табл. 3.

Таблица 3.

№ п/п	Образцы	Микроорганизмы (МО), обнаруженные в пробе		Кол-во жизнеспособных спор на 1 см ²	Конц. МО в 1 г пробы (общее кол-во)
		Среда Чапека	Среда Сабуро		
1	Церковь Преображения Господня. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1714 г.	Нет роста	Нет роста	0	0
2	Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. Россия, Республика Карелия, Медвежьегорский район, остров Кижы. Объект культурного наследия федерального значения. 1764 г.	Нет роста	<i>Mycelia sterilia</i>	7	0
3	Государственный мемориальный музыкальный музей-заповедник П.И. Чайковского. г. Клин, ул. Чайковского, д. 48. Объект культурного наследия. 2 пол. XIX в.	Нет роста	Нет роста	0	0
4	Усадьба Бергов: дом Берга младшего, 1904 г. г. Москва, поселение Первомайское, п. Первомайское, улица Парковая.	Нет роста	Дрожжи <i>Candida</i>	3	0
5	Объект культурного наследия	Нет роста	3 колонии	-	0

федерального значения «Усадьба «Виноградово», 2-я пол. XVIII в. – нач. XX в. - Скотный двор со складами, 1912 г., арх. И.В. Жолтовский»		розовых дрожжей		
---	--	-----------------	--	--

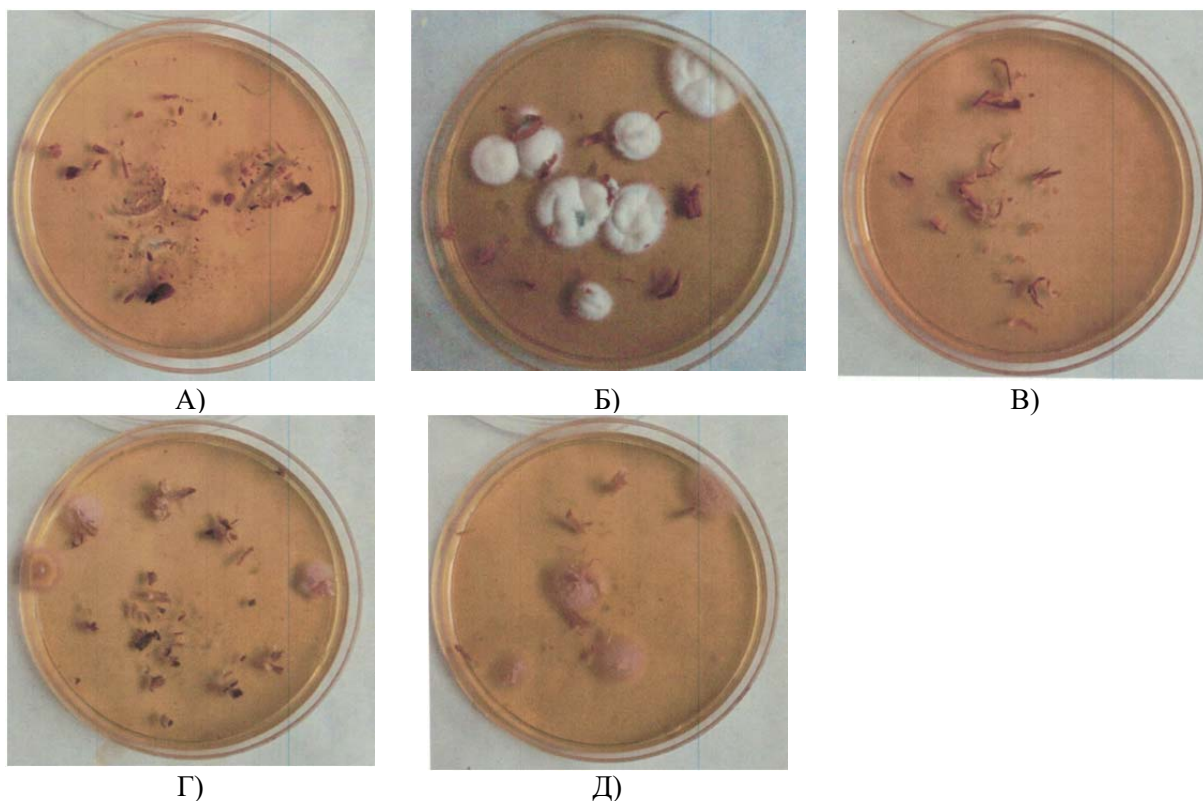


Рис. 6. Внешний вид колоний грибов на твердой среде Чапек для образцов древесины модифицированной раствором НТФ 30% с УНТ 0,1%. А) Церковь Преображения Господня. 1714 г.; Б) Церковь Покрова Пресвятой Богородицы. 1764 г.; В) Музей-заповедник им. П.И. Чайковского. 1894 г.; Г) Усадьба Бергов: дом Берга младшего. 1904 г.; Д) Усадьба «Виноградово». 1912 г.

Как видно из представленных данных, модифицирование поверхности образцов древесины памятников деревянного зодчества составами на основе НТФ придает им высокие биозащитные свойства, а также снижает дымообразующую способность, что увеличивает охранность памятников деревянного зодчества, а также повышает их пожаробезопасность.

Литература:

1. Покровская Е.Н., Ковальчук Ю.Л., Биокоррозия. Сохранение памятников истории и архитектуры. // Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ. 2013
2. Чистов И.Н., Защита древесины композицией на основе фосфорорганических соединений и полиуретанов. 2010. – с. 32, 71
3. Покровская Е.Н., Ковальчук Ю.Л. Химико-микологические исследования древесины // Сб. Тр. I Междунар. Научн.-практ. конф. г. Йошкар-Ола, 20-23 сент. 2016 г. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. С. 16-19.
4. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та. 2001. 196 с.
5. Bjordal C.G. Microbial degradation of waterlogged archaeological wood. Journal of Cultural Heritage, 2012. Vol. 13. Issue 3. pp. S118-S122. DOI: 10.1016/j.culher.2012.02.003.
6. Naidu Y., Siddiqui Y., Rafii M.Y.6 Saud H.M., Idris A.S. Investigating the effect of white-rot hymenomycetea biodegradation on basal stem rot infected oil palm wood blocks: Biochemical and anatomical characterization. Industrial Crops and Products, 2017. Vol. 108, pp. 872-882.
7. Pokrovskaya E. Increasing the strength of destroyed wood of wooden architecture monuments by surface modification. MATEC Web of Conferences, 251, 01034 IPICSE-2018.

ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДА ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В БОЕВЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Данилов М.М.,

*доцент кафедры пожарной тактики и службы
(в составе учебно-научного комплекса пожаротушения), к. т. н.,*

Денисов А.Н.,

*профессор кафедры пожарной тактики и службы (в составе учебно-научного комплекса
пожаротушения), д.т.н.,*

Евтеев Д.С.,

*старший преподаватель кафедры пожарной тактики и службы (в составе учебно-научного
комплекса пожаротушения),*

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

Антипова А.А.

студентка 4 курса Финансового университета при правительстве РФ

Аннотация. Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена пожарами в высотных зданиях и сооружениях и их сложностью, влекущими за собой негативные последствия в отношении человеческой жизни и ущерба. Представлена модель компетентностного подхода, выражаемая современным взглядом на профессиональную адаптацию личного состава подразделений пожарной охраны к ведению боевых действий по тушению пожара с точки зрения жизнедеятельности человека. Показан метод поддержки управления комплексной безопасностью в строительстве и тенденция его развития в современных условиях жизнедеятельности человека.

Ключевые слова. управление, тушением, пожара, здание, пожаротушение, метод, модель, высотное здание.

Введение. Интегрированный метод управления комплексной безопасностью (далее - РУКБ) объединяет уровни подсистемы безопасности различного функционального назначения.

В настоящее время существует устойчивая потребность в рассмотрении и дальнейшей реализации модели РУКБ в действиях подразделений пожарной охраны в зданиях (сооружениях, пожарных отсеках и части зданий, помещений или групп помещений, функционально связанных между собой) по классу функциональной пожарной опасности в зависимости от их назначения [1]. Однако отсутствие единого подхода к интеграции РУКБ и ориентированность на собственные решения, недостаток формализованных методов, позволил провести поиск и построение оптимальной интеграционной связи относительно критерия [2, 3] позволяющего эффективно интегрировать данный метод в управление комплексной безопасностью в строительстве.

Современный мегаполис в настоящее время представляет собой сложную многоуровневую структуру. В его системе состоит множество подсистем инфраструктуры. Тем не менее индекс событий [4] предположим в городе, существенно усложняет эффективность работы оперативных служб. Используя индекс событий есть потенциальная возможность к выявлению проблемных вопросов в тенденции развития современных условий функционирования оперативных служб.

Методы и организация исследования. В современном мире развитие процессов урбанизации сопровождается ростом населения крупных городов. Ограниченная площадь территорий с высокой плотностью застройки, необходимость решения социальных и экономических проблем общества, желание получить дополнительные жилые площади, а также стремление к получению экономической выгоды заставляет развиваться города «вверх», а современные строительные и архитектурные технологии открывают для этого большие возможности. Но при этом возникают новые вызовы, касающиеся обеспечения пожарной безопасности жителей жилого сектора высотных зданий [5].

Безжалостный огонь ежегодно уносит жизни сотни людей, многие оказываются травмированы вследствие воздействия опасных факторов пожара или их вторичных проявлений. Так в строящихся или вновь возводимых зданиях и сооружениях устанавливаются сигнализации и автоматические системы пожаротушения. Но как выглядит наихудший сценарий при развитии пожара? Примем во внимание один из наихудших сценариев, вариант с непосредственным отказом этих систем или в случае их отсутствия. Так появляется аспект интеграции безопасности и действия на месте пожара. Сама же совокупность условий уже обладает информационной поддержкой, позволяющей рассматривать эту совокупность как единую систему по общему алгоритму. Цель такой интеграции – получение оперативной информации в

действиях о событиях на объекте и продолжение ведения действий в «рамках» основной задачи адекватно отражающей текущую ситуацию.

Минимизация потерь от пожаров является важным фактором устойчивого социально-экономического развития страны и одной из составляющих общественной безопасности. Государством проводится работа по укреплению сил и средств обнаружения и тушения пожаров.

Выполнять работу по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в высотных зданиях и сооружениях с каждым годом становится все сложнее в проблематике управления неотъемлемой частью тушения пожаров – газодымозащитной службы. Звенья газодымозащитной службы, находясь в сложнейших условиях под воздействием высоких температур и «нулевой» видимости, проводят работы по поиску и спасению людей, а также осуществляют поиск очага пожара. Ограниченная видимость, высокая температура и сложная планировка объекта усложняет работы личного состава газодымозащитной службы.

Соответственно увеличивается объем работы для личного состава, входящего в звено ГДЗС и обеспечивающего его работу, а так же управление, которое является тактической единицей способной выполнять работы в таких сложных условиях. Из числа участников тушения пожара, наиболее подвержены риску для жизни и здоровья сотрудники (работники), входящие в состав звена ГДЗС.

В случае, если при тушении пожара звеном ГДЗС, произошла критическая ситуация, при дезориентации в пространстве, либо невозможности выйти по путям отхода и в том числе для увеличения времени защиты спасения личного состава путем минимизации воздействия опасных факторов, целесообразно заправлять баллоны дыхательных аппаратов в здании и сооружении в непосредственной близости от боевых позиций или на них. В связи с этим при комплексном анализе технологий возникает интерес к алгоритму нахождения объективной оценки результатов возникших ситуаций, но более того к оценке этапов проведения аварийно-спасательных работ. Данное направление определяет порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории РФ, в том числе порядок действий при тушении пожаров и проведении АСР.

Это позволяет объективно установить сложившиеся групповые оценки, однако ограничено наличием компетентного набора рассматриваемого сценария. Для обработки результатов предлагаем применить метод ранговой корреляции, который заключается в том, что каждому предъявляется перечень выявленных факторов и ставится задача в соответствии со степенью проработанности рассматриваемого вопроса. Так, аналитическое обоснование действий и анализ структуры системы пожаротушения находится на уровне принятия решения, принимаемого при ведении реальных действий, поэтому в расчет предварительных действий необходимо закладывать модель учитывающую формирование требуемого набора действий личного состава и анализ их реализации (Рисунок 1).



Рис. 1 Модель реализации набора действий

Особенность модели дает возможность выявить зависимость использования ресурсов пожарных подразделений при увеличении номера (ранга) пожара, что позволяет руководителю тушения пожара вырабатывать опорные решения на конкретном этапе тушения пожара.

Основываясь на имеющихся данных и критериях, приведенных выше, существует возможность проводить комплексный анализ динамики потушенных пожаров.

Совершенствование и разработка предметно ориентированных методов, моделей и алгоритмов повышения научного, а также методических уровней поддержки решений РТП при тушении пожаров исходит из совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности страны предполагая необходимость обоснования теоретических основ и методических подходов [3, 4], обеспечивающих необходимые условия для формализации, генерирования, обоснования, постановки и реализации управленческих решений на основе анализа загруженности боевой работой оперативных пожарных подразделений при тушении пожаров.

Результаты и их обсуждение. Проведенный сравнительный анализ потушенных пожаров показывает перспективные направления интеграции метода поддержки решения управления комплексной безопасности в строительстве в боевые действия подразделений пожарной охраны.

Так пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, внутренний противопожарный водопровод (такой как пожарные краны и «сухотрубы») являются обязательными условиями для сдачи в эксплуатацию различных высотных зданий и сооружений, а также сложных объектов с массовым пребыванием людей. На западе почти 20 лет назад, начали внедрять систему помощи подразделениям пожарной охраны при ведении действий по тушению пожаров различных высотных зданий и сооружений. В некоторых штатах это является обязательным условием сдачи в эксплуатацию.

Такое условие может считаться приемлемым, при выполнении действий от руководителя тушения пожара и в случаях, когда от входа до крайней точки здания, пожарному не хватает воздуха в баллоне.

Результаты комплексного анализа позволили провести сравнительный анализ современных способов, применяемых при тушении высотных зданий, выделить и систематизировать ключевые недостатки и преимущества каждого способа. При сравнении учитывались основные критерии, влияющие на условия выбора решающего направления и основную задачу.

В качестве перспективного направления тушения пожаров в высотных зданиях хочется выделить метод поддержки решения управления комплексной безопасности в строительстве, который применим и в задаче разведки пожара.

Развитие данного способа позволит задействовать меньшее количество личного состава пожарной охраны на тех же этапах работы, при этом увеличить тактические возможности по выполнению других работ на пожаре.

Заключение. Основываясь на проведенном анализе возможных способов подачи огнетушащих веществ при тушении в высотных зданиях, можно сделать вывод, что существующие современные средства и установки высотного пожаротушения, используемые пожарно-спасательными подразделениями, позволяют осуществлять тушение пожаров без использования стационарных систем противопожарной защиты зданий и сооружений и определиться с опорным выбором из возможных.

Данный метод, может быть рассмотрен соответствующим ансамблем, по доставке зону ведения действий (с учетом требуемого уровня безопасности) запасов воздуха. Детальная проработка, позволяет рассмотреть вопрос о расположении данной системы, к примеру, в лестничных клетках, через каждые 4 – 5 этажей. Так автоматически на такие объекты при высылке (УКС, АБГ), будет реализована альтернатива, подключиться снаружи к системе и в случае необходимости поддерживать необходимое пополнения запасов воздуха в баллонах звена ГДЗС.

Так для дальнейшей интеграции метода поддержки решения управления комплексной безопасности в строительстве при ведении боевых действий по тушению пожара, необходимо вести учет негативных факторов, выделяя их в отдельную группу. Данный учет позволит сформировать базу вводных для предварительного планирования на основе решаемых задач в сопоставлении со сведениями фактической пространственно-временной динамики пожара.

Литература:

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Официальный информационно-правовой портал: сайт. - URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 03.11.2022).

2. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении

Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» (Зарегистрирован 20.02.2018 № 50100) // Официальный интернет-портал правовой информации: сайт. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201802210017> (дата обращения: 03.11.2022).

3. Данилов, М. М. Комплексные условия крайней необходимости при выполнении основной боевой задачи пожарно-спасательными подразделениями / М. М. Данилов, А. Н. Денисов, Л. А. Латышева // *Ius Publicum et Privatum*. – 2022. – № 3(18). – С. 59-67. – DOI 10.46741/2713-2811.2022.18.3.006. – EDN AYPAOC.

4. Иванова, Е. А. Оценка индекса системы событий / Е. А. Иванова, С. А. Жданов, В. Л. Матросов // *Математические методы распознавания образов*. – 2005. – Т. 12. – № 1. – С. 115-119. – EDN XUXWJH.

5. Таранцев А. А., Новоселов Р. Н., Родичев А. Ю. Высотные здания и их Пожарная опасность // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2010. №2.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

Сивенков А.Б.,

профессор кафедры пожарной безопасности в строительстве, д.т.н.,

Федотов И.О.,

адъюнкт

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. В статье рассматривается научная проблема разработки и применения различных видов огнезащиты для материалов и конструкций на основе древесины. Показана перспективность разработки огнезащитных составов, способных регулировать процесс формирования обугленного слоя с соответствующей структурой и свойствами. Использование подобных видов огнезащиты позволяет сформировать самостоятельное научное направление, связанное с разработкой и применением огнезащитных систем, способствующих не только снижению пожарной опасности древесины и материалов на ее основе, но и повышению огнестойкости деревянных конструкций.

Ключевые слова: древесина, деревянные конструкции, огнезащитные покрытия, антипирены, каталитическая дегидратация, коксообразования, интумесценция, огнестойкость, пожарная опасность, обугливание, интенсивность прогрева, огнезащитная эффективность.

Общие тенденции во всем мире в отношении сферы деревянного домостроения предопределили инициирование разработок, направленных на повышение эффективности технических решений, в том числе с применением различных способов и видов огнезащиты. Важнейшим проблемным вопросом, обсуждаемым научным сообществом в сфере разработки и применения огнезащитных технологий, является установление эффективности различных средств огнезащиты, а также возможность их применения для снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости деревянных конструкций. Общая стратегия в отношении данной проблемы обусловлена химико-технологическими аспектами создания эффективной огнезащиты, имеющей различные механизмы огнезащитного действия [1, 2].

Для установления степени влияния различных видов огнезащиты на ключевые характеристики температурного прогрева и обугливания древесины в настоящей работе были проведены экспериментальные исследования, позволяющие сформировать мнение о химических подходах создания эффективных средств огнезащиты для древесины и конструкций на ее основе, а также методах оценки их эффективности.

Для исследования был взят комплекс авторских огнезащитных средств, отличных по своей рецептурной форме и химической природе. Приоритетной задачей настоящих исследований являлось установление эффекта для средств огнезащиты различных категорий эффективности в снижении интенсивности процесса обугливания и температурного прогрева образцов древесины. Огнезащитные средства представляли собой огнезащитные пропиточные составы, включающие в себя классические фосфор-, азот- и борсодержащие антипирены, вспучивающиеся (интумесцентные) системы и термостойкие огнезащитные материалы. Исследуемые огнезащитные средства представляют собой оригинальные сбалансированные рецептуры, разработанные на основе современных химических технологий. Концентрация рабочих компонентов в составе изменялась в широком диапазоне от 30 до 75% без учета связующих. Высокий эффект огнезащиты с использованием интумесцентного механизма широко известен для многих полимерных материалов различных по своей химической природе [3-6].

Для оценки эффективности огнезащиты использована установка по ГОСТ Р 53292-2009. Для оценки эффективности огнезащиты в снижении прогрева образцов была сконструирована экспериментальная огневая печь, состоящая из камеры с возможностью одностороннего радиационного теплового воздействия на поверхность образца с заданным приростом температуры в печи до 1200 °С.

Механизм интумесценции предполагает использование огнезащитных вспучивающихся покрытий толщиной до 1 мм, образующих при огневом воздействии на защищаемой поверхности объемный вспученный теплоизолирующий слой (кратность вспучивания от 30 до 100). Механизм коксообразования обусловлен применением пропиточных составов на водной основе, способных к образованию в поверхностной зоне древесины вспененного коксового слоя толщиной до 15 мм. Данные составы образуют на поверхности древесины тонкую функциональную пленку, а также проникают в структуру древесины на 1-3 мм, что определяет их коксообразующее действие как

непосредственно на поверхности, так и взаимодействие с лигноуглеводным комплексом древесного композита. Составы, работающие по механизму каталитической дегидратации, проникают в структуру древесины на глубину до 3-5 мм и их действие направлено на участие в процессе углеобразования непосредственно самой древесины. В этом случае, дополнительным огнезащитным эффектом является разбавление газовой фазы инертными газами, образующимися в результате термических превращений антипиренов.

Обнаружено, что огнезащитная эффективность разработанных огнезащитных составов заметно проявляется при расходах их поверхностного нанесения в пределах 350-650 г/м² (2-3-х слойное нанесение составов). В условиях стандартных огневых испытаний по ГОСТ Р53292-2009 потеря массы образцов древесины с огнезащитой составляет 3,2 – 36,0 %, что свидетельствует о значительных различиях в способности составов сдерживать процесс горения древесины в качестве основной задачи снижения горючести древесины (потеря массы нативной древесины при испытаниях составила 70 %).

На рис.1 для демонстрации механизма огнезащитного действия средств огнезащиты представлены фото образцов древесины с огнезащитой после огневых испытаний.

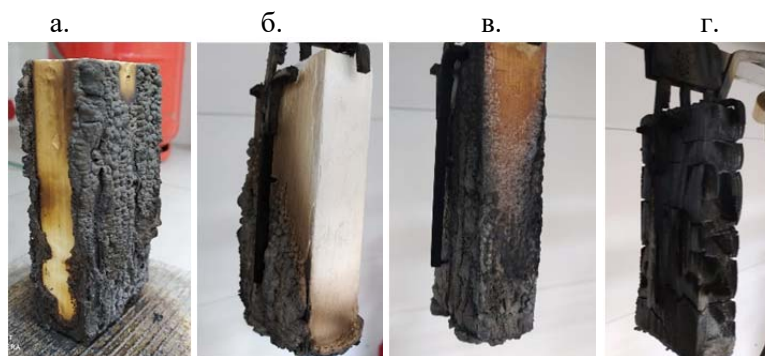


Рисунок 1. Фото образцов древесины с огнезащитой после огневых испытаний: а – вспучивающееся покрытие, расход 650 г/м², потеря массы 8,4%; б – вспучивающееся покрытие, расход 650 г/м², потеря массы 3,2%; в – коксообразующий антипирен, расход 450 г/м², потеря массы 8,7 %; г – пропиточный состав, расход 350 г/м², потеря массы 36,0 %.

С учетом основного критерия оценки эффективности огнезащиты (потеря массы), разработанные химические системы классифицированы как составы I и II групп огнезащитной эффективности, а также составы, не обладающие огнезащитной эффективностью (потеря массы образца более 25 %).

Главным процессом, определяющим пожарную опасность и огнестойкость деревянных конструкций, является процесс обугливания. Вопрос влияния различных видов и способов огнезащиты на параметры обугливания древесины должен быть переведен в плоскость рассмотрения проблемы пожарной опасности и огнестойкости деревянных конструкций. Априори, анализируя значения скоростей обугливания древесины с огнезащитой, можно сделать однозначный вывод о том, что огнезащитные системы, имеющие различную химическую природу и механизм огнезащитного действия, будут оказывать влияние и на значения пределов огнестойкости конструкций. В пользу этого говорят и проведенные нами огневые испытания деревянных конструкций (балок) с двумя видами антипиренов под нагрузкой в условиях стандартного температурного режима пожара [7].

Снижение интенсивности процесса обугливания и, как следствие, повышение предела огнестойкости деревянных конструкций позволяет выделить в отдельный класс составы, имеющие комплексный механизм огнезащитного действия с проявлением эффекта коксообразования, поскольку в соответствии с ГОСТ 12.1.033 механизм действия антипиренов направлен исключительно на снижение горючести материала. В этом плане, чрезвычайно важными представляются также исследования влияния замедлителей горения и на другие пожароопасные свойства материала, в том числе на дымообразующую способность и токсичность продуктов горения.

Важнейшим результатом настоящей работы является выяснение способности различных средств огнезащиты с изменением параметров обугливания и интенсивности прогрева деревянных конструкций. Так, наиболее эффективными огнезащитными системами, оказывающими влияние на интенсивность процесса обугливания, являются вспучивающиеся покрытия (толщина вспученного

слоя составляет 35 – 70 мм). При использовании данных покрытий скорость обугливания древесины снижается фактически в 2 раза, а интенсивность прогрева образца древесины по толщине снижается на 30 % и более. Для коксообразующих антипиренов (толщина вспученного слоя составляет 3 – 15 мм) выявлена особенность, обусловленная незначительным снижением скорости обугливания древесины в 1,1 – 1,2 раза, но при этом эффективной способностью оказывать влияние на интенсивность температурного прогрева образца, сопоставимой с огнезащитными вспучивающимися покрытиями. Очевидно, что использование химически активных компонентов в огнезащитных системах решает еще одну важнейшую задачу огнезащиты, а именно регулирование процессов формирования угольного слоя древесины с определенной структурой и свойствами, что также приводит к эффективному повышению его теплоизолирующей способности. По сути, речь идет о своеобразных регуляторах процесса обугливания, оказывающих влияние на физико-химические процессы углеобразования древесного комплекса.

Результаты оценки эффективности средств огнезащиты по показателю интенсивности прироста температуры свидетельствуют о слабой взаимосвязи группы огнезащитной эффективности с возможностью средств огнезащиты сдерживать продвижение температурного фронта по глубине образцов древесины. Очевидно, что эффект снижения рассматриваемых характеристик обусловлен не только физико-химическими процессами, происходящими в поверхностной зоне древесины (интумесценция, коксообразование, усиления процесса обугливания), но и способностью огнезащиты регулировать процесс образования угольного слоя.

Литература:

1. Aseeva R.M., Serkov B.B., Sivenkov A.B. Fire Behavior and Fire Protection in Timber Buildings. Germany: Springer Series in Wood Science, Springer. – 2014. – 280 p.
2. Покровская Е.Н., Кобелев А.А., Нагановский Ю.К. Механизм и эффективность огнезащиты фосфор- и кремнийорганических систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. № 10, 2013. – С. 40-45.
3. Халтуринский Н.А., Крупкин В.Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 10. С. 33-36.
4. Машляковский Л.Н., Лыков А.Д., Репкин В.Ю. Органические покрытия пониженной горючести // Л.: Химия, 1989. – 184 с.
5. Mansurov Z.A., Kolesnikov B. Ya., Efremov V.L. The role of carbonized layers for fire protection of polymer materials // Eurasian chemico-technological journal, 2018, V. 20(1). Pp. 63-72.
6. Xu Q., Wang Y., Chen L., Gao R. Comparative experimental study of fire-resistance ratings of timber assemblies with different fire protection measures/ Advances in structural engineering, 2016, V. 19(3). Pp. 500-512.
7. Арцыбашева О.В., Анохин Е.А., Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б., Сивенков С.Б. Повышение огнестойкости деревянных конструкций путем применения огнебиозащитных пропиточных составов // Полимерные материалы пониженной горючести: материалы VIII международной конференции. – Алматы: Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, 2017 г. – С.248-251.

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ БИБЛИОТЕК, АРХИВОВ И КНИГОХРАНИЛИЩ

Сивенков А.Б.,

профессор кафедры КБС, д.т.н.,

Румянцева А.А.,

аспирант кафедры КБС

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация. Рассмотрены особенности пожарной опасности зданий библиотек, архивов и книгохранилищ с учетом имеющейся пожарной нагрузки. Установлено, что пожарная нагрузка в рассматриваемых зданиях определяется значительным количеством бумажных материалов на основе целлюлозы в виде рукописных и печатных изданий различного года выпуска. Методами термического анализа показано, что бумага длительного срока изготовления в условиях процесса горения может характеризоваться снижением температуры разложения и повышением количества выделяемого тепла по сравнению с современным образцом бумаги. Обсуждается возможное возрастание интенсивности динамики развития опасных факторов пожара на рассматриваемых объектах с учетом наличия материалов на основе целлюлозы длительного года издания.

Ключевые слова: бумага, целлюлоза, рукописные издания, печатные издания, термический анализ, пожарная опасность, библиотека, книгохранилище, архив, год издания.

Объекты хранения рукописных и печатных изданий представляют большую ценность и важное культурно-историческое значение во всем мире. Эти объекты подлежат охране и к ним предъявляются особые требования, особенно в плане обеспечения долговечности и безопасности. Обеспечение пожарной безопасности рассматриваемых объектов представляет собой важную задачу, решение которой связано не только с обеспечением сохранности исторических и документальных ценностей, но и с безопасностью жизни и здоровья людей. В качестве подобных примеров объектов можно привести такие как: Российская государственная библиотека, Государственный архив Российской Федерации, Библиотека политехнического музея, Государственная публичная научно-техническая библиотека, Национальная академическая библиотека Республики Казахстан, Национальная библиотека Беларуси, Королевская библиотека Дании, Национальная библиотека в Париже, Британская библиотека (Великобритания), Португальская королевская библиотека (Бразилия), Государственная библиотека Виктории (Австралия) и многие другие.

Пожары в зданиях библиотек, книгохранилищ, архивов могут иметь разрушительный характер, к сожалению, с невозможной утратой многочисленных бесценных печатных и рукописных изданий. Это связано с достаточно большим объемом пожарной нагрузки, ее высокой пожарной опасностью, достижением значительных площадей распространения пожара. Также в момент проведения мероприятий по тушению пожара неминуемо повреждение издательского фонда за счет применения огнетушащих веществ.

Одними из наиболее резонансных можно отметить такие пожары как: пожар в Библиотеке Академии наук в Ленинграде (1988 г.), пожар в Национальной и университетской библиотеке Боснии и Герцеговины (1992 г.), пожар в книгохранилище библиотеки Главной астрономической обсерватории в Санкт-Петербурге (1997 г.), пожар в здании дворца XVI столетия, библиотеке герцогини Анны Амалии в Веймаре (Германия) (2004 г.), пожар в библиотеке академического Института научной информации по общественным наукам (ИНИОН) (2015 г.). В результате этих пожаров утрачены уникальные книги, рукописи в количестве от нескольких тысяч до нескольких миллионов экземпляров.

Сложность обеспечения пожарной безопасности таких зданий обусловлена тем, что подобные объекты включают в себя большие внутренние объемы со стеллажным хранением достаточно большого количества пожарной нагрузки в виде целлюлозных материалов. Для обеспечения пожарной безопасности данных объектов введены различные нормативные требования. В частности, для библиотек в соответствии с СП118.13330.2012 введены требования по хранению изданий такие как:

- площадь читального зала в массовых библиотеках централизованной библиотечной системы следует принимать не менее 2,4 м² на одно читательское место (при оборудовании читального зала одно- или двухместными столами).
- площадь помещений закрытого хранения библиотечных фондов и архивных материалов на

бумажных носителях следует принимать не менее $2,5 \text{ м}^2$ на 1000 единиц хранения со стационарными стеллажами и не менее $1,5 \text{ м}^2$ на 1000 единиц хранения с передвижными стеллажами. Площадь зоны фондов открытого доступа читальных залов и абонементов должна быть не менее $4,5 \text{ м}^2$ на 1000 единиц хранения.

В книгохранилищах библиотек необходимо обеспечивать проходы между стеллажными конструкциями, выполненными из негорючих материалов: главный проход – 1,2 м, рабочий проходы – 1 м; проход между стеллажами и стенами – не меньше, чем 0,5 м. Расстояния между стеллажами, а также от стеллажей до окон, источников тепла, стен и пола должны соответствовать ГОСТ 7.50-2002.

В соответствии с Федеральным законом ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. здания и сооружения характеризуются классом конструктивной пожарной опасности, который определяется степенью участия строительных материалов и конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара (ОФП). Прогнозная оценка динамики развития пожара, времени нарастания ОФП, моделирование поведения материалов и конструкций в условиях пожара проводится с использованием типовой базы пожарной нагрузки, включающей в себя комплекс показателей пожарной опасности. В качестве основных расчетных показателей в типовой базе пожарной нагрузки служат такие как: низшая теплота полного сгорания материала, линейная скорость распространения пламени по поверхности материала или конструкции, удельная массовая скорость выгорания материала, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения.

Экспериментальные работы по исследованию пожарной опасности материалов на основе целлюлозы свидетельствуют о влиянии многочисленных факторов на ее пожароопасные показатели (порода и разновидность древесины, влажность, условия температурного режима пожара и т.д.). На наш взгляд, одним из наиболее важных факторов является влияние процесса старения на физико-химические и пожароопасные свойства материалов. Для рассматриваемых зданий пожарная нагрузка, которая включает в себя различные бумажные (целлюлозосодержащие) рукописные и печатные издания во многом определяются годом их выпуска. Наше предположение базируется на ранее проведенных исследованиях влияния срока эксплуатации древесины различных пород и видов на их термическую устойчивость и пожарную опасность [1-4], в которых показано повышение пожарной опасности по степени термического повреждения (обугливания) и повышению тепловыделения при горении древесного материала. Происходящие во времени физико-химические изменения затрагивают прежде всего углеводную часть древесины, для которой присущи следы гидролитического разрушения. Для бумаги визуально это проявляется изменением цвета от светло-желтого до темно-желтого или светло-коричневого с появлением характерного специфического запаха, а также снижением своих упругоэластичных свойств и появления некоторой механической хрупкости.

Одним из популярных принципов хранения различных бумажных изданий в библиотеках является их ранжирование в большей степени по областям знаний. В данном случае, предполагается совместное расположение материалов различного года издания. Для книгохранилищ и депозитов характерна более высокая плотность хранения различных материалов на основе бумаги, а для архивного хранения также подразумевается хранение документов по определенному роду событий и временному признаку. Проведение оценки пожарной опасности пожарной нагрузки в виде бумажных изданий различного года выпуска предполагает рассмотрение вопроса влияния возрастного фактора на особенности их поведения в условиях пожара. Поэтому усредненный подход к характеристикам пожарной опасности материала может быть неприемлем, поскольку есть предпосылки к повышению значений пожарно-технических характеристик бумаги, подверженной длительному процессу старения.

Для установления характерных особенностей термического разложения образцов бумаги различного года издания использованы методы термического анализа. Для сравнительного анализа была взята типографская бумага годов издания 1956 и 2015. Термический анализ исследуемых образцов проводился в воздушной среде со скоростью $20 \text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$. Полученные кривые ТГ, ДТГ, ДСК представлены на рис. 1.

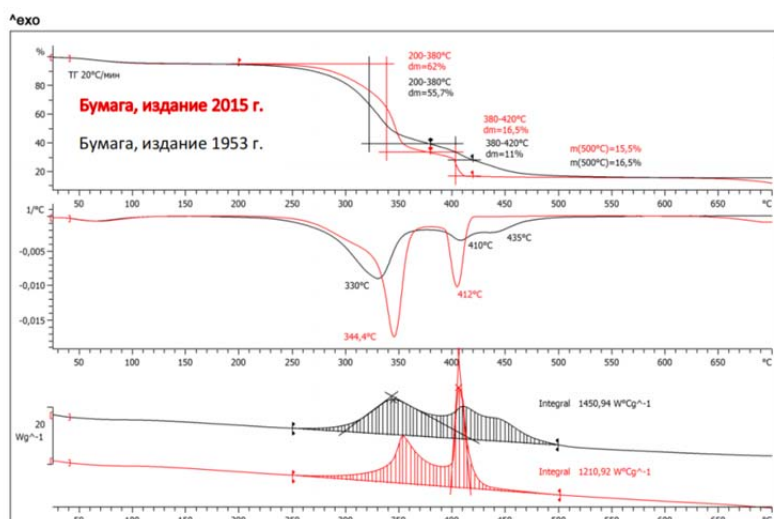


Рисунок 1. Термический анализ исследуемых образцов бумаги (среда – воздух, скорость нагрева 20 °С/мин).

Результаты термического анализа, представленные на рис. 1 свидетельствуют о снижении температуры разложения с 344 до 330 °С при сопоставимой потере массы образцов на различных температурных участках. Проведение интегрирования в отношении кривых ДСК позволяет определить площадь фигуры, характеризующей общее количество выделившегося тепла за все время испытаний. Несмотря на ярко выраженные экзотермические пиковые значения ДСК для образца бумаги 2015 года выпуска, для бумаги (1956 года издания) наблюдается повышение значения общего выделения тепла в 1,2 раза. Фактически это может служить подтверждением изменения физико-химических и пожароопасных свойств бумажных материалов в зависимости от года выпуска. Для более детального изучения происходящих в бумаге в процессе старения изменений необходимо проведение развернутых исследований влияния года выпуска материала на физико-химические и пожароопасные свойства. Уточнение пожароопасных характеристик необходимо для объективной прогнозной оценки динамики развития опасных факторов пожара, пожарных сценариев, а также установление возможности безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара из рассматриваемых зданий.

Кроме этого, важным является уточнение объемно-планировочных и конструктивных решений рассматриваемых объектов, принципов хранения и разделения бумажных материалов, подверженных длительному естественному старению, представляющих возможную скрытую угрозу для повышения интенсивности динамики развития пожара.

Литература:

1. Альменбаев М.М., Арцыбашева О.В., Асеева Р.М., Макишев Ж.К., Москалев В.А., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Исследование скорости обугливания деревянных конструкций длительного срока эксплуатации // Известия Южного Федерального университета. Технические науки. – № 7, 2014, стр. 246 – 254.
2. Макишев Ж.К., Сивенков А.Б. Огнестойкость деревянных конструкций длительного срока эксплуатации // Пожаровзрывобезопасность. – том 25, № 3, 2016, стр. 246 – 254.
3. Покровская, Е.Н. Прогнозирование долговечности древесины методом термического анализа / Пожаровзрывобезопасность, №6, 2001, стр. 31-32
4. Покровская, Е.Н., Пищик И.И., Смирнов Н.В., Нагановский Ю.К. Термическая устойчивость древесины различной длительности эксплуатации // Строительные материалы, №9, 2000, стр. 34-35.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Минайлов Д.А.,

начальник сектора 2.4.3 отдела 2.4

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны»

Аннотация. Согласно требованиям СП 2.13130.2020 для подтверждения соответствия фактического предела огнестойкости стальных строительных конструкций с огнезащитой вспучивающимися покрытиями нормативным требованиям по огнестойкости, полученных при стандартном температурном режиме, должны быть проведены огневые испытания по ГОСТ 30247.1 или разработана проектная и (или) рабочая документация, включающая совместное решение прочностной задачи, с учетом заданных условий нагружения и опирания конструкции, и теплотехнической задачи с использованием экспериментальных данных по огнезащитной эффективности средства огнезащиты. Огнезащитная эффективность вспучивающегося огнезащитного покрытия оценивается, как правило, в условиях воздействия стандартного температурного режима, применение которых может привести к недооценке влияния температурного режима пожара на его огнезащитную эффективность.

Ключевые слова: огнестойкость стальных конструкций, эффективность вспучивающихся огнезащитных покрытий, полный факторный эксперимент.

Введение. В России согласно статистическим данным [1] за последние 10 лет ежегодно вводят в действие более 200 тысяч зданий, из которых в среднем 93 % - жилые здания и 7 % - здания нежилого назначения. При этом доля жилых зданий с применением стальных строительных конструкций не превышает 3 %, а для зданий нежилого назначения она составляет 10-90 %. Среди зданий нежилого назначения наибольшее количество зданий с применением стальных строительных конструкций наблюдается среди промышленных (90%) и коммерческих (35 %) зданий. Согласно статистическим данным МЧС России [2] систематически в промышленных и коммерческих зданиях происходят пожары с гибелью людей и большими материальными ущербами (рисунок 1).

Из литературы известно [3, 4, 5], что температурные режимы пожаров в промышленных и коммерческих зданиях могут существенно отличаться от стандартного температурного режима, а их воздействие на строительные конструкции может привести к занижению фактической огнестойкости конструкций.

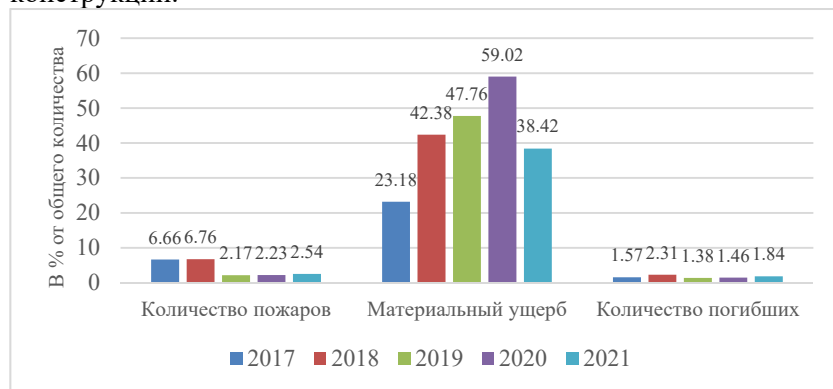


Рисунок 1 – Статистические данные МЧС России

При строительстве уникальных зданий и сооружений, на которые разрабатываются специальные технические условия, нередко требуется оценить огнестойкость стальных строительных конструкций с учетом возможных температурных режимов пожара, а также разработать, в случае необходимости, мероприятия по их огнезащите. Разработка мероприятий по огнезащите стальных строительных конструкций вспучивающимися покрытиями в условиях воздействия возможных температурных режимов пожара в настоящее время затруднительна, так как теплотехнические характеристики вспучивающихся покрытий зависят от температурного режима пожара [].

Методы и организация исследования.

Цель исследования – оценить степень влияния величины теплового потока пожара на эффективность вспучивающегося покрытия.

Эффективность вспучивающегося огнезащитного покрытия в данной работе оценивалась по времени достижения металлическими пластинами из углеродистой стали размерами 100x100 мм.

температуры 500 °С при воздействии тепловых потоков величиной 40 кВт/м² и 50 кВт/м², создаваемых радиационной панелью по ГОСТ 30402. В качестве объекта исследования была выбрана огнезащитная краска на органической основе отечественного производителя. Огнезащитная краска (толщина сухого слоя 0,25 мм. и 0,5 мм.) была нанесена на металлические пластины с приведенной толщиной 3 и 4,5 мм.

Для оценки степени влияния теплового потока на эффективность вспучивающегося огнезащитного покрытия были поставлены эксперименты по плану ПФЭ 2³ [6]. В качестве рассматриваемых факторов были выбраны: тепловой поток, кВт/м²; приведенная толщина металла (мм); толщина вспучивающегося огнезащитного покрытия (мм). Каждый из рассматриваемых факторов рассматривался лишь на двух фиксированных уровнях (верхнем, обозначаемом знаком «+» и нижнем, обозначаемом знаком «-»):

z1 – тепловой поток (кВт/м²), z₁⁻=40, z₁⁺=50,

z2 – приведенная толщина металла (мм), z₂⁻=3, z₂⁺=4,5,

z3 – толщина огнезащитного вспучивающегося покрытия (мм), z₃⁻=0,25, z₃⁺=0,5.

Матрица планирования проведения экспериментов указана в таблице 1.

Таблица 1. Матрица планирования ПФЭ 2³

№ эксперимента	Исследуемые факторы		
	z1	z2	z3
1	+	+	+
2	-	+	+
3	+	-	+
4	-	-	+
5	+	+	-
6	-	+	-
7	+	-	-
8	-	-	-

Построение математической модели зависимости эффективности исследуемого вспучивающегося огнезащитного покрытия от вышеприведенных факторов осуществлялось по следующему алгоритму: 1) все изучаемые факторы кодировались; 2) для обработки полученных по результатам испытаний данных была построена матрица планирования в кодированных переменных с учетом парных взаимодействий; 3) были вычислены коэффициенты уравнения регрессии (b_i); 4) вычисленные коэффициенты уравнения регрессии (b_i) были проверены на значимость, после чего было получено уравнение регрессии в кодированных переменных; 5) полученное уравнение регрессии было проверено на адекватность; 6) была произведена интерпретация полученной математической модели; 7) было получено уравнение регрессии в натуральных переменных.

Результаты и их обсуждение.

Результаты проведения экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты экспериментов

№ эксперимента	Исследуемые факторы			Результаты опытов		
	z ₁	z ₂	z ₃	y ₁	y ₂	y ₃
1	+	+	+	58,3	56,1	61,4
2	-	+	+	87,1	91,3	89,2
3	+	-	+	50,3	49,2	48,5
4	-	-	+	80,1	78,4	77,1
5	+	+	-	26,2	24,6	25,7
6	-	+	-	59,8	57,1	58,3
7	+	-	-	18,7	19,4	20,5
8	-	-	-	55	56,8	54,2

По результатам обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии, сравнение которых с t_{кр}·S_{коэф} показано на рисунке 1.

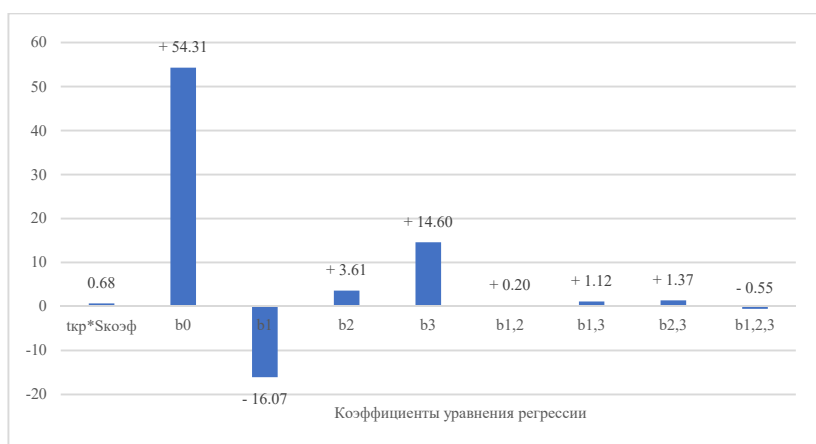


Рис. 1. Коэффициенты уравнения регрессии в сравнении с $t_{кр} \cdot S_{коэф}$

Сравнивая полученное значение $t_{кр} \cdot S_{коэф} = 0,68$ с коэффициентами уравнения регрессии, представленными на рисунке 1, видим, что все коэффициенты кроме $b_{1,2}$ и $b_{1,2,3}$ больше по абсолютной величине 0,68. Следовательно, все коэффициенты кроме $b_{1,2}$ и $b_{1,2,3}$ значимы. Полагая $b_{1,2} = 0$ и $b_{1,2,3} = 0$, получаем уравнение регрессии в кодированных переменных: $y = 54,31 - 16,07x_1 + 3,61x_2 + 14,6x_3 + 1,12x_1x_3 + 1,37x_2x_3$, (1)

Проверка на адекватность полученного уравнения регрессии со значимыми коэффициентами осуществлялась с помощью критерия Фишера [7]. Табличное значение критерия Фишера $F_{табл}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ по соответствующим степеням свободы $k_1 = n - r = 8 - 6 = 2$ и $k_2 = n(m - 1) = 8(3 - 1) = 16$ составляет 3,63. Так как $F_{расч.} = 1,64 < F_{табл.} = 3,63$, то полученное уравнение регрессии (1) адекватно.

Полученное уравнение регрессии в натуральных переменных:

$$y = 54,31 - 16,07(z_1 - 45)/5 + 3,61(z_2 - 3,75)/0,75 + 14,6(z_3 - 0,37)/0,125 + 1,12(z_1 - 45)/5 \cdot (z_3 - 0,37)/0,125 + 1,37(z_2 - 3,75)/0,75 \cdot (z_3 - 0,4)/0,125, (2)$$

По полученному уравнению регрессии (2) можно определить значения времени прогрева стальных пластин до 500 °С, не проводя эксперимента и придавая факторам (величина теплового потока, приведенная толщина металла, толщина краски) значения, которые должны лежать между нижним и верхним уровнем.

Заключение.

Результаты испытаний показали, что величина теплового потока оказала наибольшее влияние на время прогрева стальных пластин. Так по полученному уравнению регрессии (1) видно, что фактор x_1 (величина теплового потока) имеет наибольший по абсолютной величине коэффициент (-16,07). После него по силе влияния на эффективность краски идут: толщина краски (14,6); приведенная толщина металла (3,61); взаимодействие факторов: приведенная толщина металла и толщина краски (1,37); взаимодействие факторов: величина теплового потока и толщина краски (1,12).

Выводы.

Проводимая при проектировании оценка соответствия пределов огнестойкости стальных строительных конструкций со вспучивающимися огнезащитными покрытиями, требуемым Федеральным законом №123-ФЗ, при стандартном температурном режиме без учета зависимости эффективности вспучивающихся огнезащитных покрытий от величины теплового потока в ряде случаев может привести к недооценке теплового воздействия и занижению фактической огнестойкости, что отрицательно сказывается на пожарной безопасности зданий.

Литература:

1. Федеральная служба государственной статистики РФ: [сайт]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13227>;
2. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. Сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.
3. Молчадский И.С. Пожар в помещении. – М.: ВНИИПО, 2005. – 456 с.
4. Lucherini A., Giuliani L., Jomaas G. Experimental study of the performance of intumescent coatings exposed to standard and non-standard fire conditions // Fire Safety Journal. — 2018. — Vol. 95. — P. 42–50. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.10.004.

5. Ройтман В.М. Учет реальной пожарной обстановки при расчете огнестойкости строительных конструкций на основе кинетического подхода // Журнал пожарной безопасности . 1990. Том. 16. Стр. 433-442. ЭДН : ХОЕJMP.

6. Соколовская И.Ю. Полный факторный эксперимент/И.Ю. Соколовская // Методические указания для самостоятельной работы студентов. – Новосибирск: НГАВТ, 2010.-36 с.

7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. Пособие для вузов. – 10-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2004. – 479 с.

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЖАРНЫХ КРАНОВ И КАТУШЕК С ПОЛУЖЕСТКИМИ НАПОРНЫМИ ПОЖАРНЫМИ РУКАВАМИ В СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Козырев В.Н., старший научный сотрудник отдела 2.4

Илеменов М.В., начальник сектора 2.4.2 отдела 2.4

Минайлов Д.А., начальник сектора 2.4.3 отдела 2.4

Ртищев С.М., старший научный сотрудник отдела 2.4

Михиенкова А.А., научный сотрудник отдела 2.4

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны»

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения пожарных кранов с плоско складываемым напорным пожарным рукавом и рукавных катушек с полужестким напорным пожарным рукавом. Определены преимущества рукавных катушек с полужесткими напорными пожарными рукавами.

Ключевые слова: внутренний противопожарный водопровод, пожарный кран, полужесткий напорный пожарный рукав, катушка.

Введение.

Со времени создания внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) и пожарных подземных гидрантов русским инженер-механиком (гидротехником) Зиминым Н.П. [1] в конце 19 века по настоящее время система наружного пожаротушения является эффективной и востребованной. Система пожаротушения пожарных кранов (ПК) ВПВ не столь эффективна и требует критического анализа.

Методы и организация исследования. Проведен анализ нормативных актов и вопросов применения ПК с целью выявления перспективы развития данных средств в системе противопожарной защиты зданий и сооружений.

Результаты и их обсуждение. В системах ВПВ зданий и сооружений применяются ПК. ПК состоит из плоско-складываемого напорного пожарного рукава, один конец которого присоединен к запорному пожарному клапану, установленному на трубопроводе ВПВ, другой к ручному пожарному стволу [2] (рисунок 1).

Статья 106 технического регламента «О требованиях пожарной безопасности» [3], устанавливает требование к конструкции ПК, которая должна обеспечивать возможность открывания запорного устройства одним человеком и подачи воды с интенсивностью, обеспечивающей тушение пожара.



Рис. 1

Особенность ПК заключается в том, что пожаротушение возможно осуществить после того, как напорный пожарный рукав полностью будет раскатан, после чего возможно открывание запорного устройства. Во время открывания запорного устройства и пуска воды необходимо обеспечить контроль за ручным пожарным стволом, поэтому для развертывания рукавной линии требуется два человека.

Плоско-складываемый напорный пожарный рукав для ПК должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 51049-2019 [4], согласно которому его длина должна составлять от 10 до 21 м. При проектировании зданий и сооружений необходимо учитывать расположение пожарного крана, длину напорного пожарного рукава и место вероятного возникновения пожара. В случае, когда место распространения пожара (фронт) окажется, например, в 10 м от пожарного крана, а напорный пожарный рукав имеет длину 20 м, то прокладывать рукавную линию придется не прямолинейно, что может оказаться невозможным при определенных планировочных решениях и соблюдении требования к размещению ПК в СП 10.13130-2020 [5], при котором ПК следует размещать на путях

эвакуации: преимущественно у выходов, на площадках отапливаемых лестничных клеток, в вестибюлях, коридорах, проходах и других наиболее доступных местах. Одновременно размещение ПК не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Выполнение данного требования возможно тогда, когда эвакуация людей будет завершена и время на пожаротушение до прибытия пожарных подразделений будет упущено.

Одним из вариантов решения данной проблемы является применение катушки с полужесткими напорными пожарными рукавами. В настоящее время ведется инициативная разработка идентичного межгосударственного стандарта ГОСТ EN 671-1 [6].

Рукавная катушка (рисунок 2) с полужестким напорным пожарным рукавом состоит из запорного устройства, рукавной катушки и намотанного на нее полужесткого напорного пожарного рукава, к которому присоединен перекрывной ручной пожарный ствол с распылителем. Особенностью рукавной катушки является то, что полужесткий пожарный рукав присоединен к узлу катушки с уплотнителями, которые обеспечивают герметичность соединения при его вращении катушки под давлением. Рукавные катушки могут быть на ручном или автоматическом пуске воды.



Рис. 2 – Рукавная катушка

Эффективная дальность полета струи при давлении 0,2 МПа составляет: компактной – не менее 10 м; распыленной – не менее 6 м; конической распыленной – не менее 3 м.

Согласно EN 671-1 длина полужесткого пожарного рукава на рукавной катушке может варьироваться в пределах от 10 до 30 м, что значительно превышает длину обычных плоско складывающихся напорных пожарных рукавов, составляющую от 10 до 21 м. Конструкция полужесткого рукава позволяет прокладывать рукавную линию в удаленные и трудно доступные помещения, что повышает эффективность тушения возгораний и пожаров.

Технические характеристики рукавных катушек по герметичности и прочности при испытательном и минимальном разрывном гидравлических давлениях, установленные в стандарте EN 671-1, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Номинальный, диаметр рукава	Рабочее давление, МПа	Испытательное давление, МПа	Разрывное давление, МПа
20	1,2	1,8	3,0
25	1,2	1,8	3,0
32	0,7	1,05	1,75

Минимальный расход воды через рукавную катушку в зависимости от диаметра насадка ствола, приведен в таблице 2.

Таблица 2

Диаметр насадка, мм	Расход, л/с при давлении, МПа		
	0,2	0,4	0,6
4	0,2	0,3	0,37
5	0,3	0,43	0,52
6	0,4	0,57	0,68
7	0,51	0,73	0,88
8	0,65	0,93	1,13
9	0,77	1,1	1,33
10	0,98	1,4	1,70
12	1,5	2,13	2,6

В СП 10.13130 [5] введены требования к рукавным катушкам, которые попадают под определение

малорасходный пожарный кран (ПК-м): пожарный кран с расходом не более 1,5 л/с.

В работе [8] обосновано применение для ВПВ новых эффективных технологий тушения пожаров и параметры ПКм.

Номинальный диаметр технических средств, входящих в состав ПК-м, должен составлять DN 5, DN 10, DN 15, DN 20, DN 25 или DN 40 [5, 6], что противоречит характеристикам, приведённым в таблице 1.

Рукавные катушки с полужестким напорным пожарным рукавом обладают целым рядом преимуществ по сравнению с ПК в комплект которого входит плоско-складывающийся напорный пожарный рукав, а именно:

- значительно меньшее время, примерно в три раза, развертывания рукавной линии на всю длину;
- возможность тушения пожара с начальной точки развертывания и маневра т.е. изменение направления и длины прокладки рукавной линии в зависимости от развития горения и распространения опасных факторов пожара;
- возможность развертывание рукавной линии одним человеком в отличие от плоско-складывающегося напорного пожарного рукава, развертывание которого необходимо осуществлять двумя людьми;
- отсутствует явление перегиба рукава по сравнению с плоско складываемым напорным пожарным рукавом, вследствие того, что рукавная линия всегда находится под давлением;
- простота и удобство применения.

Заключение. Применение ПК с полужестким напорным пожарным рукавом наиболее актуально в плане тушения возгораний и сдерживания пожара на начальной стадии развития до прибытия пожарных подразделений в современных условиях.

Выводы.

Дальнейшее исследование этого направления позволит сформировать научный подход к решению проблемы объемно-планировочных решений и размещения ПК для повышения эффективности пожарной защиты зданий и сооружений согласно пункту 2 статьи 86 технического регламента «О требованиях пожарной безопасности» [3].

Литература:

1. Зимин, Николай Петрович «Снабжение города Москвы водою и охрана его от пожаров: Предвар. проект инж. Н. Зимина, зав. моск. Водопроводами» - Москва: Гор. тип., 1883., 185 с.
2. ГОСТ 12.2.047-86 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника. Термины и определения».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. ГОСТ Р 51049-2019 «Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний»
5. СП 10.13130-2020 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования»
6. EN 671-1-2012 Fixed firefighting systems. Hose systems Hose reels with semi-rigid hose.
7. ГОСТ Р 58540-2019 «Техника пожарная. Рукава пожарные напорные полужесткие. Общие технические требования. Методы испытаний».
8. Л.М. Мешман Е.Ю. Романова, Р.Ю. Губин, «Проблемы проектирования внутреннего противопожарного водопровода на базе малорасходных пожарных кранов низкого и высокого давления. Часть 2. Критерии применения малорасходных пожарных кранов», журнал [Пожарная безопасность](#). 2018. № 2. С. 115-125.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЭСТАКАДЫ ПРИ АВАРИЙНОМ РОЗЛИВЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Батманов В.С.,
доцент кафедры КБС, к.т.н.
Карчевский Я.С.,
студент 4 курса ИГЭС 4-37*

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»*

Аннотация: В целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц на любом объекте защиты, необходимо выстраивать систему пожарной безопасности.

Ключевые слова: железнодорожная эстакада; цистерна; FDS; PyroSim; высота пламени; опасные факторы пожара; область моделирования

Введение

Эстакада железнодорожная сливноналивная - сооружение у специальных железнодорожных путей, оборудованное сливноналивными устройствами, обеспечивающее выполнение операций по сливу нефти и нефтепродуктов из железнодорожных цистерн и/или их наливу.

Сливо-наливные эстакады (СНЭ) легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов размещаются, как стационарные сооружения, на различных объектах нефтяной промышленности. Для слива нефтепродуктов в вагоны-цистерны СНЭ размещают: на объектах добычи нефти, на трубопроводном транспорте нефти, на нефтеперерабатывающих заводах, на перевалочных и распределительных нефтебазах, на трубопроводном транспорте нефтепродуктов, на объектах потребления нефтепродуктов

Эстакады по конструктивному исполнению в зависимости от количества одновременно обрабатываемых цистерн классифицируются на односторонние и двусторонние. Односторонние эстакады обеспечивают слив на одном железнодорожном пути. Двусторонние обеспечивают слив на двух параллельных железнодорожных путях, которые расположены по обе стороны от эстакады. Величина фронта слива рассчитывается из максимальной длины одного маршрута и не должна ее превышать. Расположение сливных устройств определяется в пределах эстакады в зависимости от маршрутного состава цистерн и принимается кратным 4, 6 или 12 м.

Железнодорожные цистерны для перевозки нефтепродуктов
Железнодорожная цистерна – вид подвижного состава (рис.1), предназначенного для перевозки различных жидкостей по железнодорожным путям, представляет собой цилиндрическую емкость, закрытую с боков эллиптическими днищами.

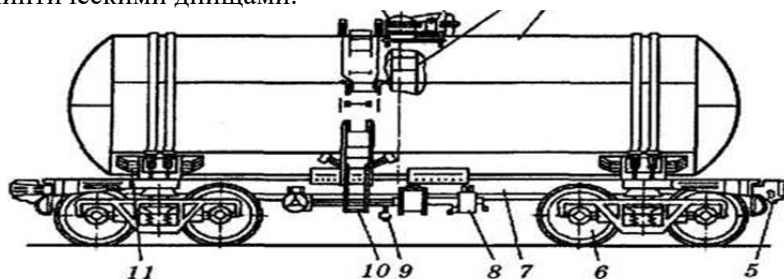


Рис.1- Железнодорожная четырехосная цистерна объемом 60 м³: 1 — устройство загрузки; 2 — предохранительная арматура; 3 — внутренняя лестница; 4 — котел; 5 — ударно-тяговые приборы; 6 — ходовая часть; 7 — рама; 8 — тормозное оборудование; 9 — устройство выгрузки; 10 — наружная лестница; 11 — крепление котла на раме.

Выполним анализ пожарной опасности. Общее представление о том, что операции слива нефтепродуктов не сопровождаются выбросом паров из цистерн в атмосферу и не способны создавать в окрестности опорожняемых цистерн пожароопасную зону паров, справедливо для процесса слива, за исключением операции по вскрытию заполненных нефтепродуктов герметизированных цистерн перед началом сливных операций. Операции вскрытия цистерн сопровождаются выбросом паров из цистерн и при неблагоприятных метеорологических условиях (высокая температура окружающей среды, отсутствие или малая скорость ветра) способны создать опасные зоны паров размером больше 10 м.

Согласно требованиям статьи 95 Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ при анализе технологического процесса производственного объекта на предмет взрыво- пожароопасности рассматриваются такие факторы, как горючая среда, источник зажигания и сопутствующие проявления опасных факторов пожара.

Рассмотрим моделирование динамики пожаров при многокомпонентных проливных пожарах в программе FDS.

Прогнозы динамики пожаров при однокомпонентных проливных пожарах были тщательно проверены и описаны в научном журнале «**Fire Safety Journal** Simulating, Fire dynamics in multicomponent pool fires».

В качестве руководства использовался проверочный случай эксперимента по пожару метанольного бассейна, поскольку в проверочных экспериментах для этого исследования использовались поддоны диаметром 0,3 м, что аналогично случаем, исследованным в настоящем исследовании. Случай проверки пожара в показал, что размер ячейки порядка 20 мм обеспечит удовлетворительные прогнозы высоты пламени и удельную теплоемкость для пожара в бассейне с метанолом диаметром 0,3 м. В настоящем исследовании исследуются виды топлива, которые выделяют больше тепла и сажи, в частности этанол. Выбросы скорости тепловыделения и сажи влияют на скорость возврата тепла к поверхности топлива, что важно для прогнозирования скорости испарения топлива. Исследование показало, что размер ячейки 20 мм дает разумные прогнозы динамики в газовой фазы. Исследование стационарных пожаров было разделено на две части.

Первый часть определяла, можно ли предсказать экспериментальную высоту пламени, используя настройки модели газовой фазы FDS по умолчанию. В этих моделях скорость испарения была установлена равной скорости испарения, измеренной в экспериментах, что позволило разделить предсказания газовой фазы и модели конденсированной фазы.

Во второй части исследования использовалась новая модель пиролиза для прогнозирования скорости испарения для того же набора экспериментов. Мгновенная высота пламени рассчитывалась по тому же методологии, описанная в Руководстве по FDS, где высота пламени определяется как расстояние над топливом, на котором сгорает 99% топлива. Результаты сравниваются с корреляцией Хескестада в форме, заданной Маккефри, которая представлена в уравнении:

$$H/D = -1.02 + 3.7Q^{2/5}$$

В уравнении модифицированное число Фруда определяется выражением:

$$Q^* = Q_{chem} / (\rho_{\infty} c_{\infty} T_{\infty} D^2 \sqrt{gD})$$

Теоретическое максимальное значение скорости тепловыделения определяется выражением:

$$Q_{chem} = m \sum_{i=1}^n y_i \Delta H_i$$

где:

H — средняя высота пламени (м),

D — диаметр ванны (м),

Q — модифицированное число Фруда,

Q_{chem} — теоретический максимум скорость тепловыделения (Вт),

ρ_{∞} и c_{∞} — плотность ($\frac{кг}{м^3}$) и удельной теплоемкости ($\frac{Дж}{кг*К}$),

T_{∞} температура окружающего воздуха (К).

Сравним экспериментальные данные, смоделированных в FDS, с документом: «ПРИКАЗ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404».

В нашем эксперименте было рассмотрено дизельное топливо (летний период). Непрерывно питаемый дизельный бассейн диаметром 0,3 м. Область моделирования составляла 0,6* 0,6* 2 м, все стороны, кроме дна, задавались с помощью открытого граничного условия. Время моделирования составило 30-90 с. Дно было указано как изолированная стена. Область моделирования показана на рис. 2.

В методике 404 с П.4.61- высота пламени для дизельного топлива определяется по формуле:

$$H = 42 * d * \left(\frac{m'}{\rho_a * \sqrt{g*d}} \right)^{0,61} = 42 * 0,3 * \left(\frac{0,04}{1,2250 * \sqrt{9,81 * 30}} \right)^{0,61} = 1,18956 \text{ м}$$

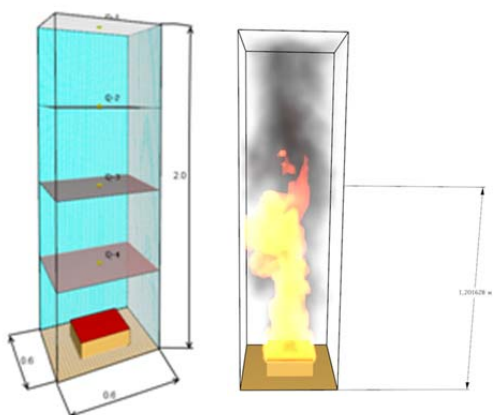


Рис. 2- Область моделирования Рис.2- модели FDS

Таблица с результатами моделирования

FDS	Методика 404
1,21628 м	1,18956

Вывод

Можно сказать, что новая модель FDS дала отличные прогнозы высоты пламени для всех устойчивых пожаров, когда использовался размер ячейки 20 мм и сопоставима с методикой 404. С новой моделью пиролиза моделирование в FDS стало гораздо реалистичней и сопоставима с методиками.

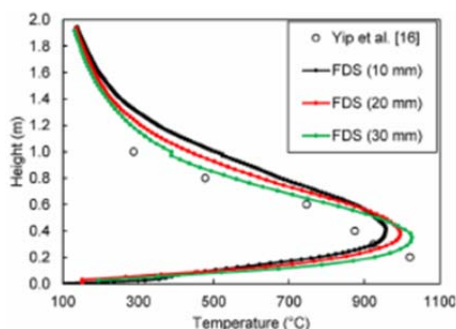


Рис. 3 График зависимости количества топлива от размера расчетной ячейки

Однако на рис. 3 видно, что уменьшение размера расчетной ячейки снижает пиковую температуру по центральной линии, но увеличивает температуру дальше в пламени. Это указывает на то, что уменьшение размера ячейки позволяет большему количеству топлива сгорать выше в пламени, а не у основания.

Литература:

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Научный журнал «Fire Safety Journal Simulating Fire dynamics in multicomponent pool fires»
3. Руководство пользователя «FireRisk», И.Н. Карькин, г. Екатеринбург
4. NIST Special Publication 1026. CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6). Technical Reference Guide. April 2009.
5. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404.
6. ВУП СНЭ-87 Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливно-наливных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СОСТАВЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

*Батманов В.С.,
доцент кафедры КБС, к.т.н.*

*Горбунов Н.А.,
студент 4 курса ИГЭС 4-37*

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация: Системы аварийной вентиляции производственных помещений рассматриваются как основной способ снижения взрывоопасности технологических процессов. При размещении таких помещений в составе общественного здания необходимо исключить их взрывоопасность

Ключевые слова: свинцово-кислотный аккумулятор; область моделирования; данные о распространении водорода в помещении без аварийной вентиляции и с аварийной вентиляцией

Введение

Системы аварийной вентиляции производственных помещений, рассматриваются как основной способ снижения взрывоопасности технологических процессов. При размещении таких помещений в составе общественного здания необходимо исключить их взрывоопасность. На примере помещения для зарядки тяговых аккумуляторных батарей (АКБ) электромашин будет смоделирован процесс работы вытяжной аварийной вентиляции.

Для моделирования применяется программный комплекс FDS. Полевая модель FDS может предсказывать распространение дыма, температуры, угарного газа и других опасных факторов во время пожара. Результаты моделирования используются для обеспечения безопасности зданий при проектировании, определения безопасности существующих зданий, реконструкции пожаров при расследованиях, и помощи в тренировках пожарных.

Свинцово-кислотный аккумулятор – вид аккумуляторных источников бесперебойного питания, использующийся в различной технике: транспортные средства, телекоммуникационные системы, источники аварийного и резервного питания, солнечные электростанции. Такие аккумуляторные батареи широко востребованы и распространены благодаря высокой ёмкости, неприхотливости в обслуживании, долговечности и сравнительно доступной стоимости.

В связи с этим, заряд и хранение АКБ необходимо осуществлять в отдельно отведенных для этого помещениях (аккумуляторных), которые должны соответствовать строгим требованиям пожаро- взрывобезопасности. Атмосфера в помещении для зарядки аккумуляторов превращается в потенциально взрывоопасную смесь, когда концентрация водорода достигает порога в 4%.

Расчет по методике из пособия по применению СП 12.13130.2009 показал, что при одновременной зарядке 6-ти аккумуляторов ДЕКА 9С12 в течении часа в помещение поступит $0,686 \text{ м}^3$ водорода, избыточное давление которого составит 7,34 кПа.

При моделировании было рассмотрено помещение зарядки аккумуляторов полумоечных машин объемом $V_{\text{п}} = 83,65 \text{ м}^3$. (рис.1).

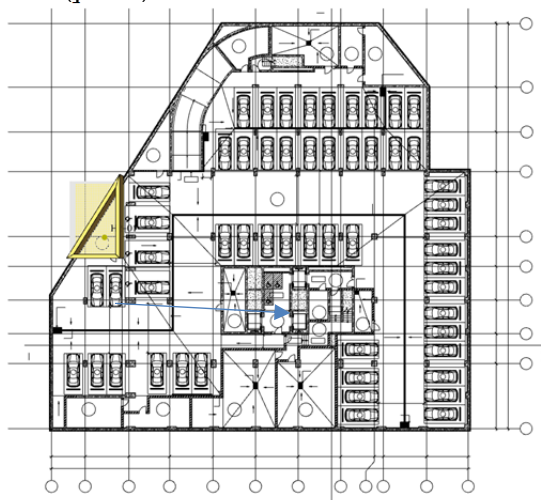
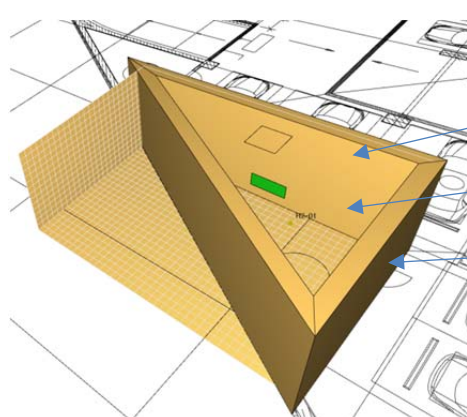


Рис. 1 Помещение зарядки аккумуляторов полумоечных машин объемом $V_{\text{п}} = 83,65 \text{ м}^3$.

Расчетная сетка – 13650 элементов.

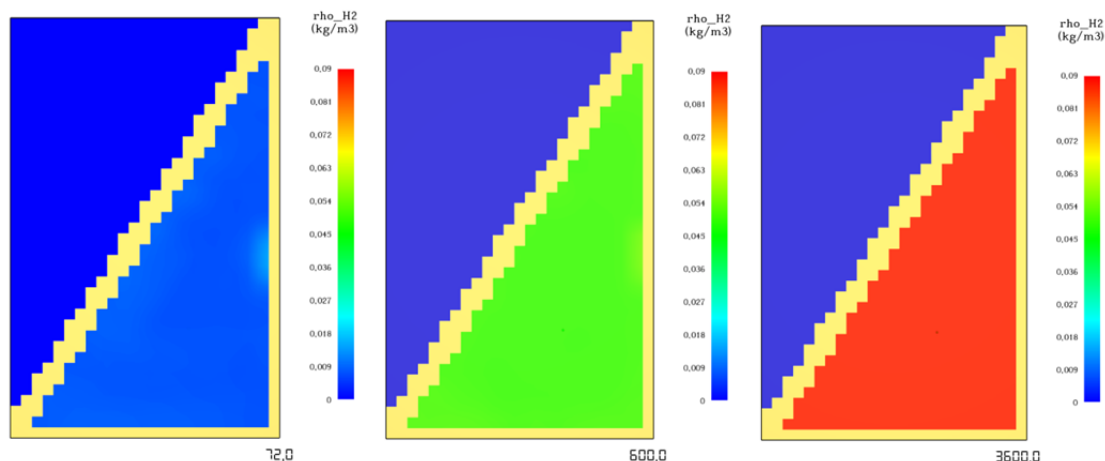


Приемное устройство
аварийной вентиляции

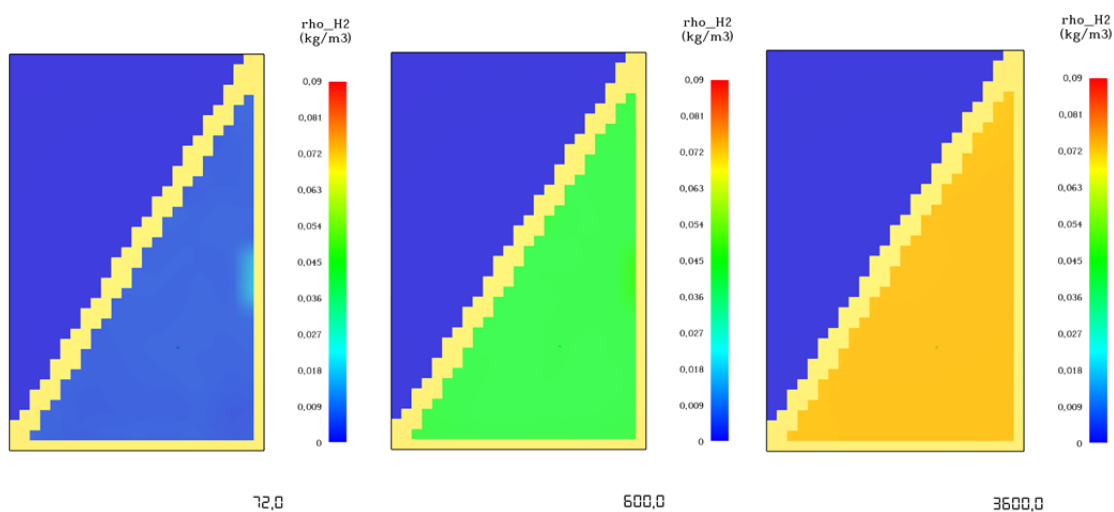
Точечный источник
водорода

Датчик концентрации

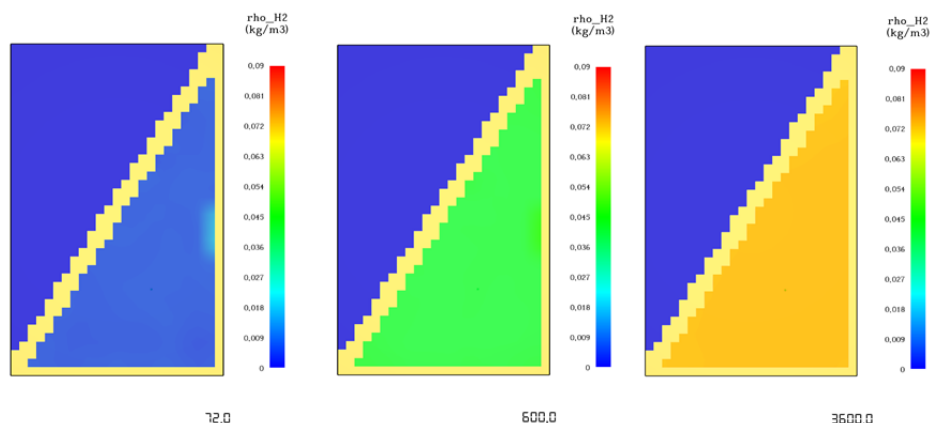
На рисунках ниже представлено моделирование процесса выделения водорода на высоте 1,5 м без учета аварийной вентиляции:



Моделирование с учетом вентиляции показывает, что при кратности воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, равной 2 ч^{-1} количество водорода значительно уменьшается и не достигает взрывоопасной концентрации:



Моделирование с учетом вентиляции показывает, что при кратности воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, равной 3 ч^{-1} количество водорода значительно уменьшается и не достигает взрывоопасной концентрации:



Рассмотрим требования к аккумуляторным помещениям.

Аккумуляторные размещаются в отдельном здании или в помещении, при условии их отделения глухой противопожарной стеной. Кислотные и щелочные аккумуляторные оборудуются в отдельных изолированных помещениях, при этом категорически запрещается совмещать магистрали вытяжной вентиляции кислотной и щелочной аккумуляторных. Стены аккумуляторной герметизируются от проникновения водорода в смежные помещения. В помещениях кислотной аккумуляторной полы выстилаются кислотостойкими материалами, а в щелочной - щелочестойкими материалами. Стены, потолки, двери и оконные переплеты, металлические конструкции и вентиляционные короба должны быть окрашены кислото- или щелочеупорными красками.

На фасаде здания (сооружения) снаружи крепится таблица (на входной двери в аккумуляторную внутри здания - табличка назначения помещения) "Кислотная аккумуляторная" ("Щелочная аккумуляторная"), кроме того, на входных дверях крепятся запрещающий знак "Запрещается пользоваться открытым огнем и курить" и предупреждающие знаки "Пожароопасно" и "Взрывоопасно".

Аккумуляторные отапливаются, при этом запрещается применять для отопления электрические печи и системы с инфракрасными или электрическими излучателями. Расстояние от отопительных приборов до аккумуляторных батарей должно быть не менее 1,0 м, при наличии тепловых несгораемых экранов - не менее 0,5 м.

Помещения аккумуляторных освещаются электроприборами освещения и естественным светом через окна, при этом окна помещений для заряда и хранения аккумуляторных батарей, а также электролитной должны находиться с теневой стороны.

Электропроводка, арматура, электроприборы освещения и вентиляции должны быть с уровнем взрывозащиты - взрывобезопасное электрооборудование.

Оконные переплеты устраиваются с двойными рамами, остекленными матовыми (покрытыми белой клеевой краской) стеклами и защищенными металлическими решетками (сетками) с мелкими ячейками.

Вентиляция помещений аккумуляторных должна обеспечивать 8 - 10-кратный обмен воздуха в час. При этом стеллажи для заряда, посты (рабочие места) по ремонту аккумуляторных батарей и приготовлению электролита оборудуются принудительной вытяжной вентиляцией. В помещениях для заряда и хранения аккумуляторных батарей, кроме принудительной вентиляции, предусматривается естественная вытяжная вентиляция из верхней зоны помещений.

Вывод

Получены данные о распространении водорода в помещении без аварийной вентиляции и с аварийной вентиляцией кратностью 2 ч^{-1} и 3 ч^{-1} .

В дальнейшем результаты позволят уточнить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, и будет рассмотрена возможность применения вентиляционного отверстия с заданными параметрами в качестве приемного устройства вытяжной противодымной вентиляции.

Литература:

1. Научный журнал «Fire Safety Journal Simulating, Fire dynamics in multicomponent pool fires».
2. Руководство пользователя «FireRisk», И.Н. Карькин, г. Екатеринбург.
3. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении, Кошмаров Ю.А.
4. Пособие по применению СП12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»